



Универзитет у Нишу
Природно-математички факултет



Студијски програм
докторских академских студија

ДАС Рачунарске науке

КЊИГА ПРЕДМЕТА

– Табеле 5.1. –

Ниш, јун 2020. године

СПИСАК ПРЕДМЕТА

Р.б.	Шифра	Назив	Ужа научна, уметничка односно стручна област	Семестар	Тип	ЕСПБ
1.	ИД01	Методологија научно-истраживачког рада	рачунарске науке	1	О	2
2.	ИДИ11	Формални језици, аутомати и израчунљивост	рачунарске науке	1	И	10
3.	ИДИ12	Машинско учење	рачунарске науке	1	И	10
4.	МА.М1601	Одабрана поглавља из статистике	математичке науке	1	И	11
5.	ИДИ14	Симболичка и алгебарска израчунавања	рачунарске науке	1	И	10
6.	ИДИ15	Мреже и уређене алгебарске структуре	математичке науке	1	И	10
7.	ИДИ16	Напредни курс из нумеричке оптимизације	математичке науке / рачунарске науке	1	И	10
8.	ИДИ17	Учење пробабилистичких графичких модела	рачунарске науке	1	И	10
9.	ИДИ18	Визуализација научних података	рачунарске науке	1	И	10
10.	ИДСИР1	Студијски истраживачки рад 1	рачунарске науке	1	О	8
11.	ИДИ21	Фази скупови и системи	математичке науке / рачунарске науке	2	И	10
12.	ИДИ22	Операциона истраживања	математичке науке / рачунарске науке	2	И	10
13.	ИДИ23	Вештачке неуронске мреже	рачунарске науке	2	И	10
14.	ИДИ24	Алгебарска комбинаторика	математичке науке / рачунарске науке	2	И	10
15.	ИДИ25	Теорија полугрупа и полупрстена	математичке науке	2	И	10
16.	ИДИ26	Научна израчунавања	рачунарске науке	2	И	10
17.	ИДИ27	Објектно-оријентисана анализа и дизајн	рачунарске науке	2	И	10
18.	ИДИ28	Напредне технике рачунарске графике	рачунарске науке	2	И	10
19.	ИДСИР2	Студијски истраживачки рад 2	рачунарске науке	2	О	10
20.	ИДИ31	Алгебарска теорија аутомата и формалних језика	рачунарске науке	3	И	10
21.	ИДИ32	Рекурентне неуронске мреже у нумеричкој линеарној алгебри	рачунарске науке / математичке науке	3	И	10
22.	ИДИ33	Алгебарска теорија графова	математичке науке / рачунарске науке	3	И	10

23.	ИДИ34	Интелигентна обрада текста	рачунарске науке	3	И	10
24.	ИДИ35	Квантитативни аутомати	рачунарске науке	3	И	10
25.	ИДИ36	Примена спектра графова у рачунарству	рачунарске науке	3	И	10
26.	ИДИ37	Дизајн и анализа алгоритама	рачунарске науке	3	И	10
27.	ИДИ38	Квантно процесирање информација	рачунарске науке / физичке науке	3	И	10
28.	ИДСИР3	Студијски истраживачки рад 3	рачунарске науке	3	О	10
29.	ИДИ41	Природна израчунавања	рачунарске науке	4	И	10
30.	ИДИ42	Обрада слика и анимација	рачунарске науке	4	И	10
31.	ИДИ43	Интелигентна обрада података и препознавање узорака	рачунарске науке	4	И	10
32.	ИДИ44	Одабрана поглавља молекуларне биологије	биолошке науке	4	И	10
33.	ИДИ45	Квантно рачунарство	рачунарске науке	4	И	10
34.	ИДИ46	Имплементација и примена аутомата	рачунарске науке	4	И	10
35.	ИДИ47	Дизајн и анализа алгоритама 2	рачунарске науке	4	И	10
36.	ИДИ48	Анализа социјалних мрежа	рачунарске науке	4	И	10
37.	ИДСИР4	Студијски истраживачки рад 4	рачунарске науке	4	О	10
38.	ИДНИР1	Докторска дисертација – научно-истраживачки рад 1	рачунарске науке	5	О	15
39.	ИДНИР2	Докторска дисертација – научно-истраживачки рад 2	рачунарске науке	5	О	15
40.	ИДИО	Докторска дисертација – израда и одбрана	рачунарске науке	6	О	30

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ		
Назив предмета: Методологија научноистраживачког рада		
Наставник или наставници: Мирослав Д. Ђирић		
Статус предмета: Обавезни		
Број ЕСПБ: 2		
Услов: Нема		
Циљ предмета Упознавање са основама методологије научноистраживачког рада, пре свега са методологијом која се користи у научним истраживањима у математичким и рачунарским наукама. Упознавање са основним начинима коришћења и израде научних публикација.		
Исход предмета По завршетку курса студент треба да овлада основним методама научноистраживачког рада у математичким и рачунарским наукама, и да буде оспособљен да у оквиру других предмета на докторским студијама само-стално спроводи научна истраживања, и да при томе буде оспособљен да самостално пронађе потребну научну литературу, као и да самостално презентује резултате својих научних истраживања и припреми их за публиковање.		
Садржај предмета <i>Теоријска настава</i> Научно знање: Карактеристике научног знања. Научне теорије. Индуктивно и дедуктивно расуђивање. Научно истраживање. Апстракција, дедукција и конкретизација. Карактеристике научног језика. Математички језик. Математичка симболика. Значај математичке симболике. Избор ознака. Писање научних текстова. Научна методологија: Методологија дедуктивних наука. Априорне и емпиријске дедуктивне теорије. Индуктивни методи у науци. Провера научних теорија. Хипотетичко-дедуктивни карактер науке. Сазнајне методе. Аналогија. Правила закључивања и технике доказивања. Исправна и неисправна аргументација. Доказивање и оповргавање. Грешке у закључивању. Методи и стратегије доказивања. Математичке дефиниције. Рекурзивне дефиниције. Дизајн и анализа алгоритама. Ефикасност алгоритама. Одлучивост и неодлучивост. Несавладиви проблеми. Научне публикације: Типови научних публикација – истраживачки чланци, прегледни чланци, научне књиге, Друге врсте текстова – препоруке, рецензије, прикази књига и чланака, научна саопштења. Коришћење научних публикација: издавачке куће, научни часописи, научне публикације доступне путем интернета, други научни ресурси. Припрема научних публикација: писање научних публикација, језички и технички аспекти писања, писање књига, писање научних чланака, специфичности писања математичких и информатичких чланака, колаборативни рад. Коришћење рачунара у припреми публикација: припрема стоних и електронских публикација, припрема екранских презентација, програми за припрему публикација, TeX, LaTeX, PostScript, PDF, HTML, MathML, електронско учење. Научне информације у Србији. Вредновање научно-истраживачких резултата у Србији.		
Препоручена литература 1. Nicholas J. Higham, Handbook of Writing for the Mathematical Sciences, SIAM, 1998. 2. Steven G. Krantz, Handbook of Typography for the Mathematical Sciences, Chapman and Hall/CRC, 2000. 3. Frank Mittelbach and Michel Goossens, with Johannes Braams, David Carlisle and Chris Rowley, The LaTeX Companion: Tools and Techniques for Computer Typesetting (2nd Edition), Addison-Wesley Series on Tools and Techniques for Computer Typesetting, Addison-Wesley Professional, 2004. 4. Michel Goossens, Frank Mittelbach, Sebastian Rahtz, Denis Roegel, Herbert Voss, The LaTeX Graphics Companion (2nd Edition), Addison-Wesley Series on Tools and Techniques for Computer Typesetting, Addison-Wesley Professional, 2007. 5. Michel Goossens, Sebastian Rahtz, Eitan M. Gurari, Ross Moore, Robert S. Sutor, LaTeX Web Companion, The: Integrating TeX, HTML, and XML, Addison-Wesley Series on Tools and Techniques for Computer Typesetting, Addison-Wesley Professional, 1999. 6. Stela Filipi Matutinović, Naučne informacije u Srbiji – Protok, dostupnost, vrednovanje, Beograd, 2013 https://kobson.nb.rs/upload/documents/oNamaPredavanja/PR2013TekstZaDoktorante.pdf 7. Правилник о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача, Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, 2017. http://www.mpn.gov.rs/wp-content/uploads/2017/03/Pravilnik-2017-preciscen-tekst.pdf		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 2	Практична настава:
Методe извођења наставе На предавањима се користе класичне методе наставе уз коришћење видео пројектора и интеракцију са студентима. Знање студената се тестира преко израде домаћих задатака и одбране семинарских радова. На завршном усменом испиту се проверава свеобухватно разумевање изложеног градива.		
Оцена знања (максимални број поена 100): Домаћи задаци – 10, семинарски рад – 20, усмени испит – 70.		

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: ФОРМАЛНИ ЈЕЗИЦИ, АУТОМАТИ И ИЗРАЧУНЉИВОСТ

Наставник или наставници: Јелена М. Игњатовић, Зорана З. Јанчић

Статус предмета: Изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

Упознавање са основним идејама, концептима и резултатима теорије израчунавања, са формалним језицима и аутоматима и савременим трендовима у теорији аутомата.

Исход предмета

По завршетку курса студент треба да овлада основним идејама, концептима и резултатима теорије формалних језика и аутомата, да се упозна са тренутно најактуелнијим типовима аутомата, и да буде оспособљен да помену те идеје, концепте и резултате самостално практично примени у научним истраживањима у оквиру те исте или неке друге научне области.

Садржај предмета

Формални језици и граматике, детерминистички аутомати, минимизација детерминистичких аутомата, недетерминистички аутомати, редукција броја стања, еквивалентност аутомата, симулације и бисимулације, детерминизација недетерминистичких аутомата, регуларни језици и граматике, регуларни изрази и примене, контекстно независни језици, потисни аутомати, Тјурингове машине, линеарно ограничени аутомати, контекстно зависни језици, проблеми одлучивости, израчунаљивости и комплексности, аутомати са излазом, тежински аутомати, фази аутомати, квантни аутомати, пробалистички аутомати, временски аутомати (timed automata), хибридни аутомати.

Препоручена литература

1. Ј. Игњатовић, М. Тирић, Аутомати и формални језици, Универзитет у Нишу, Природно-математички факултет, Ниш, 2016.
2. М. V. Lawson, Finite automata, Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, Florida, US, 2004.
3. Ј. Е. Hopcroft, R. Motwani, J. D. Ullman, Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation, Addison-Wesley, 2001.
4. Ј. Sakarovitch, Elements of Automata Theory, Cambridge University Press, 2009.
5. G. Rozenberg and A. Salomaa (eds.), Handbook of Formal Languages, Vol.1-3, Springer, Berlin-Heidelberg, 1997.

Број часова активне наставе

Теоријска настава: **4**

Практична настава:

Методe извођења наставе

На предавањима се користе класичне методе наставе уз коришћење видео пројектора и интеракцију са студентима. Знање студената се тестира преко израде домаћих задатака и одбране семинарских радова. На завршном усменом испиту се проверава свеобухватно разумевање изложеног градива.

Оцена знања (максимални број поена 100): Домаћи задаци – 10, семинарски рад – 20, усмени испит – 70.

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ		
Назив предмета: МАШИНСКО УЧЕЊЕ		
Наставник или наставници: Бранимир Т. Годоровић		
Статус предмета: Изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: нема		
Циљ предмета		
Стицање теоријског знања из области машинског учења и знања потребног за софтверску имплементацију (програмирање) алгоритама машинског учења.		
Исход предмета		
Теоријско знање и способност софтверске имплементације алгоритама машинског учења.		
Садржај предмета		
Надгледано учење; Градијентни методи, Максимизација веродостојности, Максимизација апостериорне густине, Калманов филтар; Детерминистички и пробалистички класификатори (генеративни и дискриминативни); Ненадгледано учење; Кластеризација, хијерархијска кластеризација, анализа компоненти, Максимизирање очекивања; Активно учење; Учење на основу сигнала појачања.		
Препоручена литература		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ethem Alpaydm, Introduction to Machine Learning, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2004 2. B. Todorović, S. Todorović-Zarkula, M. Stanković, Rekurentne neuronske mreže: estimacija parametara, stanja i strukture, Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet, 2012 3. Christopher M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2011. 4. Marc Peter Deisenroth, A. Aldo Faisal, Cheng Soon, Mathematics for Machine Learning, Cambridge University Press, 2020, ISBN: 9781108455145 		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 4	Практична настава:
Методе извођења наставе		
На предавањима се користе класичне методе наставе уз коришћење видео пројектора и интеракцију са студентима.		
Оцена знања (максимални број поена 100): Колоквијуми – 30, семинари – 20, усмени испит – 70.		

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ		
Назив предмета: ОДАБРАНА ПОГЛАВЉА ИЗ СТАТИСТИКЕ		
Наставник или наставници: Мирослав М. Ристић		
Статус предмета: Изборни		
Број ЕСПБ: 11		
Услов: нема		
Циљ предмета Овладавање знањем из појединих области математичке статистике.		
Исход предмета Макро и микро анализа проблема одређене области математичке статистике, као и њена успешна примена.		
Садржај предмета <i>Теоријска настава</i> Статистички приступ подацима, оцене параметара, рандомизирана и нерандомизирана тестирања. Одабрана поглавља метода симулације. Одабрана поглавља теорије одлучивања. Робусне статистике - одабрана поглавља. Одабрана поглавља регресије и корелације. Одабрана поглавља мултиваријационе анализе. Одабрана поглавља о временским низовима. Одабрана поглавља о праћењу и побољшању квалитета. <i>Практична настава</i> Дефинисање и решавање проблема у вези са теоријском наставом, израда одговарајућих задатака на рачунару расположивим статистичким пакетима, студијски истраживачки рад.		
Препоручена литература 1. G.G. Roussas, A Course in Mathematical Statistics, Academic Press, 1997. 2. R. V. Hogg, J. W. McKean, A. T. Craig: Introduction to mathematical statistics, Pearson Prentice Hall, London, 2005. 3. B. Efron: The Jackknife, the bootstrap and other resampling plans, Society for industrial and applied mathematics, Philadelphia-Vermont, 1994. 4. M. H. DeGroot: Optimal statistical decisions, McGraw Hill, New York, 1970. 5. R.A. Maronna, R.D. Martin, V.J. Yohai: Robust Statistics Theory and Methods, John Wiley & Sons, 2006. 6. W. Härdle, L. Simar: Applied multivariate statistical analysis, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2003. 7. W.S. Wei: Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods, Pearson, 2006.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 4	Практична настава:
Методе извођења наставе Фронтална, интерактивна, индивидуална		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски рад: 50, Усмени испит: 50		

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: СИМБОЛИЧКА И АЛГЕБАРСКА ИЗРАЧУНАВАЊА

Наставник или наставници: Предраг С. Станимировић

Статус предмета: Изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

Основни циљ предмета је да се изучи повезаност између алгебре, израчунавања и нумеричке анализе. Научити основне алгоритме и принципе симболичког рачунања, првенствено доказивање комбинаторних идентитета, решавање система једначина, симболичко диференцирање и интеграцију. Оспособити студенте за употребу програмског пакета *Mathematica*..

Исход предмета

Студенти оспособљени за примену симболичког рачунања у научним истраживањима, као подршку у учењу математике. Употреба програмског језика *Mathematica* у развоју математичких идеја и појмова као и алат за анализу и решавање проблема у науци и истраживању. Програмирање у програмском језику *Mathematica*.

Садржај предмета

Теоријска настава

Системи рачунарске алгебре. Изрази и значење израза: Префиксна, постфиксна и инфиксна форма израза. Аутоматска симплификација, унутрашња репрезентација података и структура. **Аритметика произвољне прецизности.** Имплементациони детаљи аритметике произвољне тачности. **Полиноми:** Елементарне операције над полиномима, полиномијални алгоритми, аритметика над полиномима, факторизација полинома. **Рационалне функције и развој функција у степене редове. Фундаментални алгоритми алгебарског израчунавања.** Еуклидов алгоритам, модулана аритметика, Groebnerova база, брза Furieова трансформација. Технике факторизације. **Решавање линеарних и нелинеарних једначина и неједначина у различитим доменима.** Примена резултанти у решавању система полиномијалних једначина, формуле Sylvesterовог типа, формуле Bezoutовог типа. **Аутоматско доказивање теорема из аксиома. Доказивање комбинаторних идентитета. Параметризација алгебарских кривих и површи. Симболичка манипулација листама:** скупови, правила трансформације, дефинисање функција, дефинисање индексираних објеката. **Симболичка обрада података у линеарној алгебри:** Ретки низови и матрице. Правила трансформације и дефиниције. Полиномијалне матрице и матрице рационалних израза. Симболичка израчунавања у нумеричкој линеарној алгебри. **Функционалне операције:** Имена функција као изрази, репетитивно коришћење функција, примена функција на листе и остале изразе, примена функције на делове израза, чисте функције, функције вишег реда. **Симболичка израчунавања у пакету Mathematica:** Стандардна форма израза, делови израза, изрази као листе, изрази као стабла, нивои израза, селектовање делова израза, изрази са главама које нису симболи, рад са операторима, **Шаблони:** Слагање шаблона у језику *Mathematica*, постављање ограничења на шаблоне, функције са променљивим бројем аргумената, опциони и подразумевани аргументи. **Мемоизација. Упрошћавање израза. Mathematica као програмски језик. Симболичко диференцирање и интеграција:** Симболичко решавање алгебарских диференцијалних једначина, примена симболичког израчунавања у решавању динамичких система. **Mathematica као пакет за рад са базама.** Повезивање са базом, уметање података, ажурирање података, брисање података, ODBC конекције, упити. **Динамичка интерактивност.** Употреба динамичке функционалности. Употреба функције Manipulate. **Обрада и репрезентација графова. Процесирање слика у пакету Mathematica.** Креирање и репрезентација слика. Базичне трансформације на сликама.

Практична настава

Израда студијских истраживачких радова у којима ће студенти решавати неке проблеме у науци као и у практичним применама.

Препоручена литература

1. P.S. Stanimirović, G.V. Milovanović, *Programski paket Mathematica i primene*, Elektronski fakultet u Nišu, Edicija monografije, Niš, 2002, XII+242.
2. S. Wolfram, *The Mathematica Book, 5th ed.*, Wolfram Media, 2003.
3. R. Maeder, *Computer Science with Mathematica*, Cambridge University Press, Џамбриџ, 2005.
4. M. Petkovsek, H. Wilf, D. Zeilberger, *A = B, Algorithms and Computations in Mathematics*, AK Peters, 1996.
5. J. S. Cohen, *Computer Algebra and Symbolic Computation: Mathematical Methods*, AK Peters Ltd, 2003.
6. P.S. Stanimirović, Y. Wei, D. Kolundžija, J.R. Sendra, J. Sendra, *An Application of Computer Algebra and Dynamical Systems*, Chapter No 19 in: M. Ćirić, M. Droste, J.-E. Pin (eds.): CAI 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11545. Springer, Cham., pp. 225-236. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21363-3_19.
7. P.S. Stanimirović, D. Pappas, V.N. Katsikis, I.P. Stanimirović, *Symbolic computation of $A_{T,S}^{(2)}$ -inverses using QDR factorization*, Linear Algebra Appl. 437 (2012), 1317-1331.

8. Y. Wei, P.S. Stanimirović, M. Petković, Numerical and symbolic computations of generalized inverses, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Hackensack, NJ, 2018, September 2018, DOI 10.1142/10950 (ISBN: 978-981-3238-66-4).
 9. S. Wagon, *Mathematica in Action*, Third edition, Springer, New York Dordrecht Heidelberg London, 2010.
 10. S. Wolfram, *A New Kind of Science*, Wolfram Media, 2002.
 11. P.R. Wellin, R.J. Gaylord, S.N. Kamin, An Introduction to Programming with Mathematica, Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo, 2005.
 12. Wolfram Mathematica® *Tutorial Collection, Data Manipulation*, Wolfram Research, 2008.
- Wolfram Mathematica® *Tutorial Collection, Mathematics and Algorithms*, Wolfram Research, 2008.

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 4

Практична настава:

Методе извођења наставе

Дискусија са студентима у вези са темама наведеним у садржају. Студенти ће добијати задатке које ће решавати код куће. Анализа урађених домаћих задатака на часу. Дискусија. Израда семинарских радова и анализа семинарских радова.

Оцена знања (максимални број поена 100)

Презентација пројеката – 30, семинари – 30, домаћи задаци – 10, усмени испит – 30.

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: МРЕЖЕ И УРЕЂЕНЕ АЛГЕБАРСКЕ СТРУКТУРЕ

Наставник или наставници: Јелена М. Игњатовић

Статус предмета: Изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

Упознавање са основним концептима теорија уређених скупова, мрежа и уређених алгебарских структура, као и са њиховим применама, пре свега у математичкој логици и теоријском рачунарству.

Исход предмета

На крају курса студент треба да овлада основним идејама, концептима и резултатима теорија уређених скупова, мрежа и уређених алгебарских структура, и да буде оспособљен да те идеје, концепте и резултате самостално практично примени у научним истраживањима у оквиру тих истих или неких других научних области.

Садржај предмета

Уређени скупови: Квази-уређења, уређења и уређени скупови, представљање уређених скупова, истакнути елементи уређених скупова, идеали и филтери уређених скупова, изотона и антитона пресликавања, изоморфизми уређених скупова, оператори затворења и везе Галуа. *Мреже:* Мреже као уређени скупови, мреже као алгебарске структуре, подмреже, конгруенције и хомоморфизми мрежа, идеали и филтри мрежа, ограничене мреже, комплетне мреже, комплетизација, алгебарске мреже, мреже релација, мреже подалгебри и конгруенција, мреже идеала и филтра. *Важни типови мрежа:* Модуларне и дистрибутивне мреже, бесконачно дистрибутивне и потпуно дистрибутивне мреже, репрезентација мрежа, комплементирање и псеудо-комплементирање, Булове алгебре, ортомодуларне мреже, Брауерове мреже. *Теореме о фиксној тачки:* Теорема Кнастер-Тарског, Теорема Клинија. *Уређене алгебарске структуре:* уређене полугрупе и моноиди, мрежно уређене полугрупе, природно уређење на полугрупи, квантали, уређени полупрстени, природно уређење на полупрстену, диоиди, квантали, адитивно идемпотентни полупрстени, резидуиране алгебарске структуре, резидуиране полугрупе, резидуирани полупрстени, резидуирани полумодули, резидуиране мреже, Хејтингове алгебре, БЛ-алгебре, МВ-алгебре, Gödel-ове алгебре, троугаоне норме на реалном јединичном интервалу, основне фази структуре, фази логике, \max -plus, \min -plus и \max - \min алгебре, примена мрежа и уређених алгебарских структура у математичкој логици и рачунарским наукама.

Препоручена литература

1. B. A. Davey and H. A. Priestley, Introduction to Lattices and Order, Cambridge University Press, Cambridge, 2002.
2. B. Šešelja, Teorija mreža, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, 2006.
3. G. Birkhoff, Lattice Theory, American Mathematical Society, Providence, Rhode Island, 1984.
4. T. S. Blyth, Lattices and Ordered Algebraic Structures, Springer, London, 2005.
5. M. Gondran, M. Minoux, Graphs, Dioids and Semirings – New Models and Algorithms, Springer, Berlin, 2008.
6. N. Galatos, P. Jipsen, T. Kowalski, H. Ono, Residuated Lattices - An Algebraic Glimpse at Substructural Logics, Elsevier, 2007.

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 4

Практична настава:

Методe извођења наставе

На предавањима се користе класичне методе наставе уз коришћење видео пројектора и интеракцију са студентима. Знање студената се тестира преко израде домаћих задатака и одбране семинарских радова. На завршном усменом испиту се проверава свеобухватно разумевање изложеног градива.

Оцена знања (максимални број поена 100): Домаћи задаци – 10, семинарски рад – 20, усмени испит – 70.

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ			
Назив предмета: НАПРЕДНИ КУРС ИЗ НУМЕРИЧКЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ			
Наставник или наставници: Марко Б. Миладиновић			
Статус предмета: Изборни			
Број ЕСПБ: 10			
Услов: нема			
Циљ предмета			
<p>Овладавање поступцима за одређивање оптималног решења проблема минимизације нелинеарних функција са и без ограничења и примена алгоритама. Ефикасно израчунавање градијената као основног оруђа у нумеричкој оптимизацији. Разумевање теоријских појмова, анализа конвергенције оптимизационих метода код проблема са великим бројем променљивих. Практична имплементација алгоритама и метода.</p>			
Исход предмета			
<p>На крају курса студент треба да буде способан да самостално решава напредније проблеме нумеричке оптимизације применом познатих алгоритама и њихових модификација, нарочито проблема са великим бројем променљивих</p>			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава:</i>			
<p>Нелинеарни проблем најмањих квадрата: основи, регресија, линеаран проблем најмањих квадрата, Гаус-Њутнов метод, Левенберг-ов метод, модификације Левенберговог метода</p> <p>Израчунавање градијената: Апроксимација извода коначном разликом, апроксимација градијената, апроксимација ретког Јакобијана, апроксимација Хесијана и ретког Хесијана, аутоматска диференцијација</p> <p>Квази Њутнови методи за проблеме великих димензија: БФГС метод са ограниченом меморијом (Л-БФГС), веза са методима коњугованих градијената, ажурирање Л-БФГС параметара, ажурирање ретких квази-Њутнових матрица</p> <p>Оптимизација са ограничењем: допустив скуп, Каруш-Кан-Такер-ови услови, оптимални услови првог реда, Лагранже-ови множитељи, оптимални услови другог реда</p> <p>Имплементација алгоритама покривених у теоријској настави у програмским језицима Matlab, C++, Python</p>			
Препоручена литература			
<ol style="list-style-type: none"> 1. M. Miladinović, P. Stanimirović, Nelinearna optimizacija, Univerzitet u Nišu, 2015., ISBN 978-86-6275-041-9 2. J. Nocedal and S.J. Wright, Numerical Optimization, Springer Series in Operations Research, Springer, 1999, ISBN 978-0-387-40065-5 3. J.F. Bonnans, J.C. Gilbert, C. Lemarechal, C.A. Sagastizábal, Numerical Optimization - Theoretical and Practical Aspects, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006, ISBN 978-3-540-35447-5 			
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 4	Практична настава:	
Методe извођења наставе			
<p>На предавањима се користе класичне методе наставе уз интеракцију са студентима где се реализује изложена материја и решавају типични проблеми. Знање студената се тестира преко израде семинарских радова који обухватају и практичну имплементацију метода и њихових унапређења. На крају се спроводи и завршни испит, где се проверава степен разумевања изложеног градива и способност примене стеченог знања.</p>			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
активност у току предавања	10	писани испит	
практична настава		усмени испит	60
колоквијум-и			
семинар-и	30		
Оцена знања (максимални број поена 100): Практична настава – 40, семинарски рад – 20, усмени испит – 40.			

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ		
Назив предмета: УЧЕЊЕ ПРОБАБИЛИСТИЧКИХ ГРАФИЧКИХ МОДЕЛА		
Наставник или наставници: Милан З. Башић		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: нема		
Циљ предмета		
Циљ овог курса је развијање знања и вештина потребних за дизајн, имплементацију и примену пробабилистичких графовских модела за решавање стварних проблема у областима машинског учења, рачунарској обради слика и видео сигнала, процесирању природног језика и биоинформатици.		
Исход предмета		
У оквиру овог курса, студенти ће овладати теоријским и практичним аспектима учења пробабилистичких графичких модела проценом параметара и структуре графичких модела. По завршетку курса, студенти ће бити оспособљени да самостално решавају основне проблеме математичком симулацијом стварних (физичких) проблеме и развиће основне вештине за предвиђање и доношење одлука на основу имплементираних модела. Студенти ће радити на учењу алгоритама пробабилистичке графичке моделе. За израду завршног пројекта студенти ће моћи опционо да користе програмске језика C++ или MATLAB, као и све доступне библиотеке.		
Садржај предмета		
Учење оријентисаних модела: основе теорије учења (учење параметара и учење структуре), максимална процена вероватноће (проблем процена густине расподеле, Монте-Карло процена, концепт функције губитка, пристрасност/варијанса у емпиријским подацима), највећа процена вероватноће за Бајесове мреже. Учење у неоријентисаним моделима: учење Марковљевих случајних поља (експоненцијалне фамилије расподела, максимална процена учење Марковљевих случајних поља), максимална процена вероватноће са падом градијента, апроксимативне технике учења и псеудо-процене, учење у условним случајним пољимама, учење у Гаусовим условним случајним пољима. Учење у моделима са латентним променљивама: модели са латентним променљивама (модел Гаусових мешавина, максимизирање маргиналне лог-вероватноће), алгоритам максимализације очекивања. Бајесовско учење: Бајесовска парадигма (моделирање параметара као случајних променљивих, кођуговани претходници), генерализација бинарних модела коришћењем категоријских променљивих. Учење структуре: Учење Бајесовских мрежа (Матрица скорa, Чао-Лиу алгоритам, грамзиви алгоритми тражења, алгоритам уређеног тражења, алгоритам базиран на целобројном линеарном програмирању), Бајесов информациони критеријум.		
Препоручена литература		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Koller, Daphne, and Nir Friedman. <i>Probabilistic graphical models: principles and techniques</i>, MIT press, 2009. 2. Bishop, Chris, <i>Pattern Recognition and Machine Learning</i>, Springer (India) Private Limited, 2013. 3. Murphy P. Kevin, <i>Machine Learning: a Probabilistic Perspective</i>, MIT press, 2013. 4. David JC Mac Kay. <i>Information theory, inference and learning algorithms</i>, Cambridge university press, 2003. 5. Barber, David, <i>Bayesian Reasoning and Machine Learning</i>, Cambridge university press, 2003. 6. Wainwright, Martin J., and Michael I. Jordan. "Graphical models, exponential families, and variational inference." <i>Foundations and Trends® in Machine Learning</i> 1.1–2 (2008): 1-305. 		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 4	Практична настава:
Методe извођења наставе		
Предавање, семинарски		
Оцена знања (максимални број поена 100) Активност у настави – 20, Семинарски рад – 30, Усмени испит – 50		

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ		
Назив предмета: ВИЗУЕЛИЗАЦИЈА НАУЧНИХ ПОДАТАКА		
Наставник или наставници: Весна И. Величковић		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: нема		
Циљ предмета		
Разумевање различитих типова научних података и могућности њиховог графичког представљања. Развој нових метода и комплексних алата и имплементација софтверских решења за визуелизацију података, процеса и решења проблема у научним истраживањима		
Исход предмета		
Студент ће бити оспособљен за развој и имплементацију софтверских алата за графичку репрезентацију података, поступака и решења проблема својих истраживања.		
Садржај предмета		
1D. Временске серије. Анализа података. 2D. Обрада слике. Филтрирања. Издвајање контура објеката. Трансформације. Моделирање кривих. 3D. Моделирање чврстих тела. Представљање честица и дифузних објеката. Вишедимензионални подаци. Визуелизација релација. Визуелизација хијерархија и мрежа. Пресликавања. Симулације процеса. Примене у различитим областима		
Препоручена литература		
1. Н.Wickham, G.Grolemund, <i>R за статистичку обраду података : увођење, сређивање, трансформисање, визуелизација и моделовање података</i> , Микро књига, Београд, 2017 2. К.J.Keen, <i>Graphics for statistics and data analysis with R</i> , Boca Raton (FL) ; London ; New York : Chapman & Hall/CRC, 2010 3. В.Radenković, М.Stanojević, А.Marković, <i>Рачунарска симулација</i> , Београд : Факултет организационих наука : Саобраћајни факултет, 2004 4. R.Obradović, <i>Дизајн просторних облика : -одабрани примери-</i> Нови Сад : Факултет техничких наука, 2009 5. S.Gawain, <i>Креативна визуелизација</i> , Књажевац : Есад Трављанин /етц./, 1988		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 4	Практична настава:
Методе извођења наставе		
Предавања, консултације, самостално истраживање студента и израда семинарских радова који садрже имплементације алгоритама.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски радови – 50; презентација пројеката – 20; усмени испит – 30		

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: СТУДИЈСКИ ИСТРАЖИВАЧКИ РАД 1

Наставник или наставници: сви наставници ангажовани на ДАС Рачунарске науке

Статус предмета: обавезни

Број ЕСПБ: 8

Услов: нема

Циљ предмета

Упознавање са методологијом научно-истраживачког рада кроз анализу неких новијих научних резултата у области рачунарских наука и истраживачких метода који су коришћени при доласку до њих, и развој критичког и креативног односа према тим резултатима.

Исход предмета

Кроз детаљну анализу нових научних резултата и метода који су коришћени при добијању тих резултата студент треба да сазна који су најактуелнији правци научних истраживања у датој области, који су актуелни методи који се користе у тим истраживањима, и да буде оспособљен да те и сличне методе користи у својим сопственим истраживањима. Студент треба да створи правилан критички и креативан однос према актуелним научним резултатима у области којом ће се бавити

Садржај предмета

Наставници на почетку сваке школске године предлажу листу могућих тема семинарских радова који би се радили у оквиру Студијског истраживачког рада 1 и 2. Студент бира тему са листе, али може изабрати и неку тему која није на листи, уколико је наставник прихвати. Уз тему, студент добија и списак литературе коју може да користи. Уз сталне консултације са наставником, студент критички анализира добијени проблем и методологију која је коришћена при његовом решавању, а наставник га охрабрује да евентуално пронађе и неке алтернативне приступе у решавању тог проблема. По обављеној анализи проблема студент пише семинарски рад, користећи стандарде за писање научно-стручних публикација, и урађени семинарски рад презентује-брани пред наставником и другим студентима докторских студија.

Препоручена литература

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 10

Практична настава:

Методe извођења наставе

Студент критички анализира проблем који је добио као тему семинарског рада, уз сталне консултације са наставником код кога је изабрао тему, пише семинарски рад који презентује -брани пред наставником и другим студентима докторских студија.

Оцена знања (максимални број поена 100) семинарски рад – 70; одбрана семинарског рада – 30

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: ФАЗИ СКУПОВИ И СИСТЕМИ

Наставник или наставници: Јелена М. Игњатовић, Ивана З. Мицић

Статус предмета: изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

Упознавање са основним идејама, концептима и резултатима теорије фази скупова и система, са алгебарским основама фази логике, као и са практичним применама фази скупова и методама решавања фази релацијских једначина и неједначина.

Исход предмета

На крају курса студент треба да овлада основним идејама, концептима и резултатима теорије фази скупова и система, и да буде оспособљен да те идеје, концепте и резултате самостално практично примени у научним истраживањима у оквиру те исте или неке друге научне области.

Садржај предмета

Фази скупови: Појам фази скупа, скуповне и алгебарске операције на фази скуповима, Принцип екстензије, фази релације, композиција фази релација, фази уређења, фази еквиваленције и фази једнакости, фази партиције, фази функције, екстензионалност, фази матрице, фази затворења. *Алгебарске основе фази логике:* Резидуиране мреже, Хејтингове алгебре, BL-алгебре, MV-алгебре, Геделове алгебре, троугаоне норме на јединичном интервалу, Лукашиевичева, производ и Геделова норма. *Примене фази скупова:* Моделирање неодређености, фази логика и апроксимативно резонување, фази контрола, фази анализа података, фази кластеровање, фази одлучивање, фази језици и фази аутомати, фази алгебарске структуре, фази релациони системи, фази графови, фази тополошки простори. Ефективни поступци за решавање фази релацијских једначина и неједначина, као и њихових система.

Препоручена литература

1. R. Belohlavek, Fuzzy Relational Systems: Foundations and Principles, Kluwer Academic Publishers, New York, 2002.
2. R. Belohlavek and V. Vychodil, Fuzzy Equational Logic, Springer, Berlin/Heidelberg, 2005.
3. G. Gerla, Fuzzy Logic: Mathematical Tools for Approximate Reasoning, Kluwer, Dordrecht, 2001.
4. G. J. Klir, B. Yuan, Fuzzy Sets and Fuzzy Logic, Theory and Application, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1995.
5. L.-X. Wang, A Course in Fuzzy Systems and Control, Prentice-Hall International, Inc., 1997.

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 4

Практична настава:

Методе извођења наставе

На предавањима се користе класичне методе наставе уз коришћење видео пројектора и интеракцију са студентима. Знање студената се тестира преко израде домаћих задатака и одбране семинарских радова. На завршном усменом испиту се проверава свеобухватно разумевање изложеног градива.

Оцена знања (максимални број поена 100): Домаћи задаци – 10, семинарски рад – 20, усмени испит – 70.

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ		
Назив предмета: ОПЕРАЦИОНА ИСТРАЖИВАЊА		
Наставник или наставници: Предраг С. Станимировић		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: нема		
Циљ предмета Овладати основним и напредним алгоритмима линеарног и нелинеарног програмирања и вишекритеријумске оптимизације. Упознати студенте са принципима моделовања, интерпретацијом и решавањем реалних проблема свођењем на на проблеме линеарног или нелинеарног програмирања или вишекритеријумске оптимизације.		
Исход предмета Студенти оспособљени за употребу линеарног и нелинеарног програмирања програмирања и вишекритеријумске оптимизације у математици, информацији, пракси као и у научним истраживањима. Очекује се да студенти препознају проблеме из науке или инжењерске праксе, дефинишу одговарајуће математичке моделе као и да реше дефинисане моделе употребом научених метода или софтвером..		
Садржај предмета <i>Теоријска настава</i> Линеарно програмирање: симплекс метод, дуални проблем, имплементација симплекс метода, програмски пакет LINDO. Модификације симплекс метода. Методи за генерисање почетне тачке. Примал-дуал методи унутрашње тачке. Mehrotrin предиктор-коректор алгоритам, смањење димензија у примал-дуал алгоритму, проширени и нормални систем једначина, модификације у пакету РСx. Теорија игара. Транспортни проблем: отворени модели транспортног задатка, дегенерација у транспортном проблему. Примена линеарног програмирања: целобројно програмирање. Метод гранања и граница, Gomori-јев алгоритам одсецања. Динамичко програмирање. Нелинеарно програмирање: безусловна оптимизација, неградијентни и градијентни методи оптимизације, условна оптимизација, методи конјугованих градијената, квази-Њутнови методи, неке модификације квази-Њутнових метода, модификације квази-Њутнових метода. Нелинеарна оптимизација зависна у времену Увод, методи првог реда, методи другог реда за оптимизацију зависну у времену.. Решавање система нелинеарних једначина методама нелинеарног програмирања. Вишекритеријумска оптимизација: методи за одређивање неинфериорних решења, интерактивни методи. Дискретни и континуални локацијски проблеми. Оптимизација на мрежама: Налажење најкраћег пута између два чвора и између свака два чвора у мрежи, налажење k најкраћих путева у мрежи. <i>Практична настава</i> Израда студијских истраживачких радова из области операционих истраживања у којима ће студенти решавати неке проблеме у науци као и у практичним применама..		
Препоручена литература <ol style="list-style-type: none"> 1. P.S. Stanimirović, N.V. Stojković, M.D. Petković, <i>Matematičko programiranje</i>, Prirodno-matematički fakultet, Niš, 2007, IV+415 (ISBN 978-86-83841-46-0). 2. P.S. Stanimirović, G.V. Milovanović, I.M. Jovanović, <i>Primene linearnog i celobrojnog programiranja</i>, Prirodno-matematički fakultet, Niš, 2008, X+298 (ISBN 978-86-83481-51-4). 3. P.S. Stanimirović, G.V. Milovanović, <i>Simbolička implementacija nelinearne optimizacije</i>, Elektronskifakultet, Edicija monografije, Niš, 2002, X+236. 4. S. Opricović, <i>Optimizacija sistema</i>, Nauka, Beograd, 1992. 5. M. Vujošević, <i>Metode optimizacije</i>, Društvo operacionih istraživača, Beograd, 1996. 6. D.G. Luenberg, Y. Ye, <i>Linear and Nonlinear Programming, Third Edition</i>, Springer Science+Business Media, LLC, New York, 2008. 7. P.S. Stanimirović, B. Ivanov, H. Ma, D. Mosić, <i>A survey of gradient methods for solving nonlinear optimization</i>, Electronic Research Archive 28(4) (2020), 1573-1624. 8. B. Ivanov, P.S. Stanimirović, G.V. Milovanović, S. Djordjević, I. Brajević, Accelerated multiple step-size methods for solving unconstrained optimization problems, Optimization Methods and Software, https://doi.org/10.1080/10556788.2019.1653868. 9. P.S. Stanimirović, B. Ivanov, S. Djordjević, I. Brajević, New hybrid conjugate gradient and Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno conjugate gradient methods, J. Optim. Theory Appl. 178 (2018), 860-884. 		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 4	Практична настава:
Методе извођења наставе		

Дискусија са студентима у вези са темама наведеним у садржају. Студенти ће добијати задатке које ће решавати код куће. Анализа урађених домаћих задатака на часу. Дискусија. Израда семинарских радова и анализа семинарских радова.

Оцена знања (максимални број поена 100) презентација пројеката – 30, семинари – 30, домаћи задаци – 10, усмени испит – 30

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: ВЕШТАЧКЕ НЕУРОНСКЕ МРЕЖЕ

Наставник или наставници: Бранимир Т. Годоровић

Статус предмета: изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

СТИЦАЊЕ ТЕОРИЈСКОГ ЗНАЊА ИЗ ОБЛАСТИ ВЕШТАЧКИХ НЕУРОНСКИХ МРЕЖА: АРХИТЕКТУРЕ И АЛГОРИТАМА УЧЕЊА, И ЗНАЊА ПОТРЕБНОГ ЗА ЊИХОВУ СОФТВЕРСКУ ИМПЛЕМЕНТАЦИЈУ.

Исход предмета

ТЕОРИЈСКО ЗНАЊЕ И СПОСОБНОСТ СОФТВЕРСКЕ ИМПЛЕМЕНТАЦИЈЕ РАЗЛИЧИТИХ АРХИТЕКТУРА И АЛГОРИТАМА УЧЕЊА ВЕШТАЧКИХ НЕУРОНСКИХ МРЕЖА.

Садржај предмета

Мреже са директним простирањем сигнала; Вишеслојни перцептрон, Мреже радијалних базисних функција; Самоорганизујуће неуронске мреже; Кохоненова мрежа; Теорија адаптивне резонансе; Конволуциони слојеви; Слојеви транспоноване конволуције; Рекурентне неуронске мреже; Елманова мрежа, Потпуно повезана рекурентна мрежа, NARX рекурентна неуронска мрежа; LSTM и GRU рекурентни слојеви; Слојеви фокуса, Аутоенкодери; Варијациони атоенкодери, Генеративне противничке мреже; Ефикасна имплементација алгоритама учења и модела вештачких неуронских мрежа на графичким процесорима (Python, CUDA, C++); Адаптивни алгоритми учења; Калманов филтар као алгоритам учења неуронских мрежа.

Препоручена литература

1. Simon Haykin, Neural Networks: A Comprehensive Foundation, Prentice Hall, 1998.
2. B. Todorović, S. Todorović-Zarkula, M. Stanković, Rekurentne neuronske mreže: estimacija parametara, stanja i strukture, Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet, 2012.
3. Samuel Burns, Python Deep learning: Develop your first Neural Network in Python Using Tensor Flow, Keras, and PyTorch, Independently Published, 2019, ISBN-13: 978-1092562225, ISBN-10: 1092562222
4. Francois Chollet, Deep Learning with Python, Manning Publications Co., 2018, ISBN-13: 978-1617294433, ISBN-10: 9781617294433

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 4

Практична настава:

Методe извођења наставе

На предавањима се користе класичне методе наставе уз коришћење видео пројектора и интеракцију са студентима. Знање студената се тестира преко израде домаћих задатака и колоквијума. На завршном усменом испиту се проверава свеобухватно разумевање изложеног градива.

Оцена знања (максимални број поена 100) колоквијуми – 30, семинари – 20, усмени испит – 50

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: АЛГЕБАРСКА КОМБИНАТОРИКА

Наставник/наставници: Драган П. Стевановић

Статус предмета: изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

СТИЦАЊЕ ОПШТИХ И СПЕЦИФИЧНИХ ЗНАЊА И ТЕХНИКА ИЗ АЛГЕБАРСКЕ КОМБИНАТОРИКЕ. ПРОУЧАВАЊЕ САВРЕМЕНИХ РЕЗУЛТАТА ИЗ ЛИТЕРАТУРЕ, УПОЗНАВАЊЕ СА СТАЊЕМ РЕШЕНОСТИ ОТВОРЕНИХ ПРОБЛЕМА И ПОСТЕПЕНО УКЉУЧИВАЊЕ У ИСТРАЖИВАЧКИ РАД.

Исход предмета

По завршетку курса, студент има потребна знања из алгебарске комбинаторике и у стању је да решава задатке из ове области. Минимални исходи укључују стицање способности за самостално проучавање и разумевање литературе (монографије, научни радови). Пожељни исход је стицање способности за истраживачки рад у алгебарској комбинаторици.

Садржај предмета

Теоријска настава

Полином спаривања. Рекурентне формуле. Интегрални полиноми. Полином ловца. Полином поготка. Стирлингови и Ојлерови бројеви. Полиноми поготка и интегрални. Карактеристични полином. Коефицијенти и рекурентне формуле. Шетње у графу и карактеристични полином. Сопствени вектори. Регулари графови. Спектрална декомпозиција. Формални степени редови и функције генератрисе. Формални степени редови. Границе. Операције са степеним редовима. Степен и логаритам. Нелинеарне једначине. Примене и примери. Функција генератриса шетњи у графу. Јакобијева теорема. Шетње и путеви. Декомпозициона формула. Идентитет Кристофел-Дарбуа. Реконструкција чворова. Коспектрални графови. Случајне шетње на графовима. Делиоци графова. Еквитабеларне партиције. Сопствене вредности и вектори. Шетња-регуларни графови. Уопштено преплитање. Прекривачи. Спектрални радијус стабла. Спаривања и шетње. Стабло путева. Стаблолике шетње. Последице реалности. Идентитети Кристофел-Дарбуа. Пфафијани. Пфафијани и детерминанте. Експанзија по врсти. Оријентисани графови. Оријентације. Тешкоће у пребројавању савршених спаривања. Раздаљинско-регуларни графови. Неке фамилије. Матрице раздаљина. Параметри. Делиоци. Импритивни раздаљинско-регуларни графови. Кодови. Потпуно регуларни подскупови. Шеме асоцијације. Транзитивне групе пермутација. Р и Q-полиномне шеме асоцијација. Примитивност и импримитивност. Кодови и антикодови. Карактери Абелових група. Кејлијеви графови. Представљање раздаљинско-регуларних графова. Представљања графова. Низ косинуса. Инјективност. Вишеструкост сопствених вредности. Ограничавање дијаметра. Сферни дизајни. Граница за клике. Допустиви аутоморфизми.

Практична настава

Литература

- С. Godsil, *Algebraic Combinatorics*, Chapman Hall/CRC Math Series, 1993.
- D. Cvetković, H. Sachs, M. Doob, *Spectra of Graphs — Theory and Applications*, Johann Ambrosius Barth Verlag, 1995.
- M. Petkovsek, H. Wilf, D. Zeilberger, *A=B*, AK Peters, 1996.

Број часова активне наставе

Теоријска настава:

4

Практична настава:

Методе извођења наставе

Фронтална, индивидуална, интерактивна

Оцена знања (максимални број поена 100) практична настава – 40, семинари – 30, усмени испит – 30

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: ТЕОРИЈА ПОЛУГРУПА И ПОЛУПРСТЕНА

Наставник или наставници: Мирослав Д. Ћирић

Статус предмета: изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

Упознавање са основним идејама, концептима и резултатима теорије полугрупа и теорије полупрстена, као и са њиховим применама, пре свега у теоријском рачунарству.

Исход предмета

По завршетку курса студент треба да овлада основним идејама, концептима и резултатима теорије полугрупа и теорије полупрстена, и да буде оспособљен да те идеје, концепте и резултате самостално практично примени у научним истраживањима у оквиру тих истих или неких других научних области.

Садржај предмета

Полугрупе, подполугрупе, генераторни скупови, идемпотенти и групни елементи, полугрупе бинарних релација, полугрупе трансформација, идеали и Рисове конгруенције, идеалске и ретрактивне екстензије, слободне полугрупе и моноиди, Гринове релације, регуларни и потпуно регуларни елементи и полугрупе, уопштења регуларности, потпуно просте и потпуно 0-просте полугрупе, инверзне полугрупе, ортодоксне полугрупе, полумрежна разлагања полугрупа, трчна разлагања полугрупа, разлагања полугрупа са нулом, поддиректна разлагања полугрупа, композиције полугрупа, идентитети и варијетети полугрупа, полупрстени, уређени полупрстени, комплетни полупрстени, звезда операција, непрекидни полупрстени, степени редови над полупрстеном, рационални степени редови, матрице над полупрстеном, диоиди, полумодули, анти-прстени, адитивно идемпотентни полупрстени, max-plus и min-plus полупрстени.

Препоручена литература

1. С. Богдановић и М. Ћирић, Полугрупе, Просвета, Ниш, 1993.
2. J. M. Howie, Fundamentals of Semigroup Theory, Clarendon Press, Oxford, 1995.
3. J. Golan, Semirings and Their Applications. Kluwer Academic, Dordrecht, 1999.
4. M. Gondran, M. Minoux, Graphs, Dioids and Semirings – New Models and Algorithms, Springer, Berlin, 2008.

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 4

Практична настава:

Методе извођења наставе

На предавањима се користе класичне методе наставе уз коришћење видео пројектора и интеракцију са студентима. Знање студената се тестира преко израде домаћих задатака и одбране семинарских радова. На завршном усменом испиту се проверава свеобухватно разумевање изложеног градива.

Оцена знања (максимални број поена 100): Домаћи задаци – 10, семинарски рад – 20, усмени испит – 70.

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: НАУЧНА ИЗРАЧУНАВАЊА

Наставник/наставници: Марко Д. Петковић

Статус предмета: изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

Оспособљавање студената за конструкцију и имплементацију нумеричких метода, као и примену на решавање проблема природних, техничких и друштвених наука.

Исход предмета

По завршетку курса студент треба да се упозна са основним и напредним нумеричким методама. Такође, студент би требао да буде у стању да те методе имплементира и ефикасно примени на решавање конкретних проблема из техничких наука, финансијске математике, физике и других научних дисциплина.

Садржај предмета

Теоријска настава

Системи линеарних једначина: Методи базирани на израчунавању LU и LDU факторизације. Сингуларно-вредносна декомпозиција (SVD). Решавање ретких система великих димензија. QR факторизација. Алгоритми за брзо множење матрица и инвертовање матрица. Preconditioning методи. Метод коњугованих градијената. BiCG и BiCGStab методи, GMRES метод, методи за рачунање сопствених вредности ретких матрица.

Системи нелинеарних једначина и оптимизациони методи. Newton-Raphson-ов метод. Вишекорачни методи. Методи максималног реда конвергенције. Методи нелинеарне оптимизације. ККТ услови. Метрополис алгоритам (Simulated Annealing). Примена оптимизационих метода.

Израчунавање вредности функција. Брзи алгоритми за аритметичке операције. Алгоритми за израчунавање важних константи и елементарних функција са високом прецизношћу. Израчунавања вредности специјалних функција. Апроксимација функција полиномом и рационалним функцијама. Методе најмањих квадрата.

Генерисање псеудослучајних бројева. Линеарни померачки регистри. Mersenne twister метод. Псеудослучајни бројеви у нормалној и произвољној расподели. Метод Monte Carlo.

Обрада сигнала. Синтеза сигнала, детекција и моделирање. Брза Fourier-ова трансформација (FFT) и одговарајући алгоритми. Теорија таласића (wavelets). Методи за компресију података. Кодирање и компресија звука и слике.

Практична настава

Имплементација метода у неком од програмских језика: C++, Mathematica, Matlab, Python, R. Тестирање имплементација на примерима из праксе. Паралелизација метода и паралелна имплементација. Увођење у истраживачки рад.

Препоручена литература

1. М.Д. Петковић, Алгоритми нумеричке анализе, ПМФ Ниш, 2013.
2. G.H. Golub, C. Van Loan, Matrix computations, John Hopkins University, 2013.
3. W.H. Press, S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling, B.P. Flannery, Numerical Recipes – The Art of Scientific Computing (3rd ed), Cambridge University Press, 2007.
4. G. Dahlquist, A. Bjorck, Numerical Methods in Scientific Computing – Vol. 1, Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), 2008.
5. J.E. Gentle, Random Number Generation and Monte Carlo Methods (2nd ed), Springer, 2005.
6. K. Sayodd, Introduction to Data Compression (3rd ed), Elsevier, 2006.

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 4

Практична настава:

Методe извођења наставе

Предавања са темама наведеним у садржају, практична настава на рачунару.

Оцена знања (максимални број поена 100) семинари – 50, усмени испит – 50.

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: ОБЈЕКТНО ОРЈЕНТИСАНА АНАЛИЗА И ДИЗАЈН

Наставник/наставници: Милан Б. Тасић

Статус предмета: изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

СТИЦАЊЕ ТЕОРИЈСКИХ И ПРАКТИЧНИХ ЗНАЊА КАО ОСНОВЕ ЗА РАЗУМЕВАЊЕ ОБЈЕКТНО-ОРЈЕНТИСАНОГ КОНЦЕПТА ЦИКЛУСА РАЗВОЈА АПЛИКАЦИЈА. РАЗУМЕВАЊЕ И ПРИМЕНА ПРИНЦИПА И НАПРЕДНИХ ЕЛЕМЕНАТА ОБЈЕКТНО-ОРЈЕНТИСАНЕ АНАЛИЗЕ И МЕТОДОЛОГИЈЕ ПРОЈЕКТОВАЊА СОФТВЕРА.

Исход предмета

Вештина пројектовања комплексних софтверских архитектура. Умеће планирања и вођења комплексних софтверских пројеката. Способност учешћа у научно-истраживачком раду у домену објектно-оријентисане анализе захтева и моделирања софтвера применом графичких нотација и пројектних узорака. Овладати знањима из објектно-оријентисаних система. објектно-релационих система. дистрибуираних система. хетерогених и нехетерогених система, multidatabase система. географских информационих система.

Садржај предмета

Елементи објектног модела. Упоредна анализа језика објектне оријентације: Јава, Python, C# и други. Процес, принципи и прагматика развоја ОО софтвера. ОО анализа. Пројектовање управљано моделом. UML 2 нотација и конструкција дијаграма. Извршни модели, акциона семантика и акциони језици. Пројектни узорци структуре, понашања и креирања. Хеуристике ОО пројектовања. Објектно-оријентисани системи. Објектно-релациони системи. Дистрибуирани системи. хетерогени и нехетерогени системи, multidatabase системи, географски информациони системи. Специфичне апликације. Преглед комерцијалних система и развојних пројеката..

Литература

1. G. Booch, R. A. Maksimchuk, M.W. Engle, B. J. Young, J. Conallen, K.A. Houston, Object-Oriented Analysis and Design with Application, Third Edition, Addison Wesley, 2007.

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 4

Практична настава:

Методe извођења наставе

Предавања са темама наведеним у садржају.

Оцена знања (максимални број поена 100) активност у току предавања – 10, пројекат – 50, усмени испит – 40

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: НАПРЕДНЕ ТЕХНИКЕ РАЧУНАРСКЕ ГРАФИКЕ

Наставник или наставници: Весна И. Величковић

Статус предмета: изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

Упознавање са концеприма и овладавање техникама напредне рачунарске графике.

Исход предмета

Студент ће бити оспособљен за разумевање и примену напредних техника рачунарске графике

Садржај предмета

Теоријска настава

Моделирање кривих. Безијеров модел. Параметарски кубни сегмент. Б-сплајн криве. Рационални модели кривих. Моделирање површи. Полиедарска апроксимација. Моделирање кривих површи. Површи тензорског производа. Безијеров фрагмент, Б-сплајн фрагмент. Троугаони фрагменти.
Реалистичне слике. Рендеровање. Видљивост. Илуминациони модел. Сенчења. Специјални ефекти. Текстура. Глобални зрачни модел.
Геометријске трансформације. Боје. Стерео поглед.
Рачунарска слика. Детектовање ивица. Сегментација. Препознавање објеката. Дигитална обрада слике.
Комбинаторна анализа. Дискретна геометрија.

Практична настава

Препоручена литература

1. J.E.Goodman, J.O'Rourke, *Handbook of discrete and computational geometry*, Boca Raton [etc.] : Chapman & Hall/CRC, 2004
2. C.R.Gonzalez, R.E.Woods, *Digital Image Processing*, Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2010
3. D.Urošević, *Algoritmi u programskom jeziku C*, Beograd : Mikro knjiga, 1996.

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 4

Практична настава:

Методe извођења наставе

Предавања, консултације, самостално истраживање студента и израда семинарских радова који садрже имплементације алгоритама.

Оцена знања (максимални број поена 100) семинарски радови – 50; презентација пројеката – 20; усмени испит – 30

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ**Назив предмета: СТУДИЈСКИ ИСТРАЖИВАЧКИ РАД 2****Наставник или наставници:** сви наставници ангажовани на ДАС Рачунарске науке**Статус предмета:** обавезни**Број ЕСПБ:** 12**Услов:** нема**Циљ предмета**

Упознавање са методологијом научно-истраживачког рада кроз анализу неких новијих научних резултата у области рачунарских наука и истраживачких метода који су коришћени при доласку до њих, и развој критичког и креативног односа према тим резултатима.

Исход предмета

Кроз детаљну анализу нових научних резултата и метода који су коришћени при добијању тих резултата студент треба да сазна који су најактуелнији правци научних истраживања у датој области, који су актуелни методи који се користе у тим истраживањима, и да буде оспособљен да те и сличне методе користи у својим сопственим истраживањима. Студент треба да створи правилан критички и креативан однос према актуелним научним резултатима у области којом ће се бавити.

Садржај предмета

Студијски истраживачки рад реализује се кроз израду и одбрану семинарског рада. Наставници на почетку сваке школске године предлажу листу могућих тема семинарских радова који би се радили у оквиру Студијског истраживачког рада 1 и 2. Студент бира тему са листе, али може изабрати и неку тему која није на листи, уколико је наставник прихвати. Уз тему, студент добија и списак литературе коју може да користи. Уз сталне консултације са наставником, студент критички анализира добијени проблем и методологију која је коришћена при његовом решавању, а наставник га охрабрује да евентуално пронађе и неке алтернативне приступе у решавању тог проблема. По обављеној анализи проблема студент пише семинарски рад, користећи стандарде за писање научно-стручних публикација, и урађени семинарски рад презентује-брани пред наставником и другим студентима докторских студија.

Препоручена литература

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 10

Практична настава:

Методe извођења наставе

Студент критички анализира проблем који је добио као тему семинарског рада, уз сталне консултације са наставником код кога је изабрао тему, пише семинарски рад који презентује -брани пред наставником и другим студентима докторских студија.

Оцена знања (максимални број поена 100) семинарски рад – 70; одбрана семинарског рада – 30

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: АЛГЕБАРСКА ТЕОРИЈА АУТОМАТА И ФОРМАЛНИХ ЈЕЗИКА

Наставник или наставници: Ивана З. Мицић

Статус предмета: изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

Упознавање са основним алгебарским оруђима која се употребљавају у изучавању аутомата и формалних језика.

Исход предмета

По завршетку курса студент треба да овлада основним алгебарским оруђима која се користе у изучавању аутомата и формалних језика и да буде оспособљен да та оруђа, као и друга алгебарска оруђа која ће сам креирати, практично примени у научним истраживањима у оквиру теорије аутомата и формалних језика, као и у другим научним областима.

Садржај предмета

Полугрупе, полугрупе релација и трансформација, слободне полугрупе и моноиди, језици и кодови, распознавање језика, синтаксичка полугрупа језика, полугрупа прелаза аутомата. Релације Myhill-а и Nerode-а, изводи (разломци) и Myhill-Nerode-ова теорија, минимални аутомат језика, минимизација аутомата, распознатљиви подскупови полугрупе, квази-уређења и rewriting системи. Псеудоваријетети полугрупа, варијетети језика, Eilenberg-ова теорема о кореспонденцији, star-free језици, локално тестабилни и део-по-део тестабилни језици, теореме Eilenberg-овог типа за полугрупе и аутомате. Примена полугрупа и графова у симболичкој динамици, симболички динамички системи, sofіc шифтови и шифтови коначног типа, синтаксичка полугрупа sofіc шифта, аутомати и графови у симболичкој динамици, ентропија, примена спектралне теорије графова у рачунању ентропије. Полупрстени, формални степени редови и матрице, представљање језика формалним степеним редовима, тежински (weighted) аутомати, тежински аутомати и матрице, тежински аутомати над пољем реалних бројева, примене тежинских аутомата. Алгебре језика, релационе алгебре и Клинијево алгебре, алгоритамски проблеми у алгебрама језика.

Препоручена литература

1. Ј. Игњатовић, М. Ћирић, Аутомати и формални језици, Универзитет у Нишу, Природно-математички факултет, Ниш, 2016.
2. М. Ћирић, Т. Петковић, С. Богдановић, Језици и аутомати, Просвета, Ниш, 2000.
3. J. E. Pin, Mathematical Foundations of Automata Theory, ver. 3, 2019, <https://www.irif.fr/~jep/PDF/MPRI/MPRI.pdf>
1. J. Berstel, C. Reutenauer, Noncommutative Rational Series with Applications, Cambridge University Press, 2010
2. M. Droste, W. Kuich, H. Vogler (Eds.), Handbook of Weighted Automata, Monographs in Theoretical Computer Science, An EATCS Series, Springer-Verlag, 2009.
3. S. Eilenberg, Automata, Languages, and Machines, Series: Pure and Applied Mathematics, vol. 59, Academic Press, Vol A, 1974, Vol B, 1976.

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 4

Практична настава:

Методe извођења наставе

На предавањима се користе класичне методе наставе уз коришћење видео пројектора и интеракцију са студентима. Знање студената се тестира преко израде домаћих задатака и одбране семинарских радова. На завршном усменом испиту се проверава свеобухватно разумевање изложеног градива.

Оцена знања (максимални број поена 100): Домаћи задаци – 10, семинарски рад – 20, усмени испит – 70.

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: РЕКУРЕНТНЕ НЕУРОНСКЕ МРЕЖЕ У НУМЕРИЧКОЈ ЛИНЕАРНОЈ АЛГЕБРИ

Наставник или наставници: Предраг С. Станимировић

Статус предмета: изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

Овладавање различитим методима за израчунавање матричних генералисаних инверза, методима за решавање матричних једначина и система линеарних једначина. Имплементацијом метода нумеричке линеарне алгебре у програмским језицима Matlab и Mathematica

Исход предмета

Студенти који познају различите методе нумеричке линеарне алгебре, пре свега методе за решавање матричних једначина, система линеарних једначина као и методе за израчунавање генералисаних инверза комплексних, рационалних и полиномијалних матрица. Осим тога, студенти би требало да овладају имплементацијом тих метода. Примена дефинисаних метода..

Садржај предмета

Теоријска настава

Директни методи: Потпуна ранг репрезентација генералисаних инверза, LU декомпозиција, QR факторизација, SVD декомпозиција матрица, Householderova декомпозиција, уопштени инверзи и Gauss-Jordanов метод декомпозиције, генералисани инверзи блоковских матрица, методи преграђивања, Grevileов Partitioning метод, детерминантска репрезентација генералисаних инверза, Frameов резултат и његова уопштења, Leverrier-Faddeev метод, **Итеративни методи:** уопштења Groetchove теореме, Методи базирани на градијентним методима оптимизације, лимит репрезентације генералисаних инверза, Нурег-рower итеративни методи. **Градијентне неуронске мреже и Zhangове неуронске мреже у нумеричкој линеарној алгебри,** решавање система линеарних једначина и матричних једначина, израчунавање уопштених инверза користећи рекурентне неуронске мреже, веза између РНН и итеративних метода, дискретизација метода континуалних у времену, конвергенција у реалном времену, толеранција на шуме. Решавање линеарних матричних једначина, решавање Sylvesterове једначине. **Примене:** примена у роботизи, локализација мобилних објеката, решавање проблема дељења нулом.

Практична настава

Израда студијских истраживачких радова у којима ће студенти решавати неке проблеме у нумеричкој линеарној алгебри као и у практичним применама. Имплементација неких метода.

Препоручена литература

1. A. Ben-Israel and T.N.E. Greville, *Generalized inverses: theory and applications*, Second Ed., Springer, 2003.
2. G. Wang, Y. Wei, S. Qiao, *Generalized Inverses: Theory and Computations, Developments in Mathematics 53*. Singapore: Springer; Beijing: Science Press, 2018.
3. P.S. Stanimirović, D. Pappas, V.N., Katsikis, I.P. Stanimirović, *Symbolic computation of $A^{(2)}_{T,S}$ -inverses using QDR factorization*, Linear Algebra Appl. 437 (2012), 1317-1331.
4. Y. Zhang, C. Yi, *Zhang Neural Networks and Neural-Dynamic Method*, Nova Science Publishers, Inc., New York, 2011.
5. Y. Zhang, D. Guo, *Zhang Functions and Various Models*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2015.
6. D. Guo, S. Li, P. S. Stanimirović, *Analysis and application of modified ZNN design with robustness against harmonic noise*, IEEE Transactions on Industrial Informatics, 16(7) (2020), 4627-4638.
7. D. Gerontitis, R. Behera, J.K. Sahoo, P.S. Stanimirović, *Improved finite-time zeroing neural network for time-varying division*, Studies in Applied Mathematics 146(2) (2021), 526-549.
8. V.N Katsikis, S.D. Mourtas, P.S. Stanimirović, Y. Zhang, *Solving complex-valued time-varying linear matrix equations via QR fecomposition with applications to robotic motion tracking and on angle-of-arrival localization*, IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2021.3052896>.
9. P.S. Stanimirović, V.N. Katsikis, S. Li, *Higher-order ZNN dynamics*, Neural Processing Letters 51 (2020), 697-721.
10. P.S. Stanimirović, V.N. Katsikis, S. Li, *Integration Enhanced and noise tolerant ZNN for computing various expressions involving outer inverses*, Neurocomputing 329 (2019), 129-143.
11. P.S. Stanimirović, M. Petković, *Gradient neural dynamics for solving matrix equations and their applications*, Neurocomputing 306 (2018), 200-212.

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 4

Практична настава:

Методе извођења наставе

Дискусија са студентима у вези са темама наведеним у садржају. Студенти ће добијати задатке које ће решавати код куће. Анализа урађених домаћих задатака на часу. Дискусија. Израда семинарских радова и анализа семинарских радова.

Оцена знања (максимални број поена 100) презентација пројеката – 30, семинари – 30, домаћи задаци – 10, усмени испит – 30

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ		
Назив предмета: АЛГЕБАРСКА ТЕОРИЈА ГРАФОВА		
Наставник или наставници: Драган П. Стевановић		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: нема		
Циљ предмета		
СТИЦАЊЕ ОПШТИХ И СПЕЦИФИЧНИХ ЗНАЊА И ТЕХНИКА ИЗ АЛГЕБАРСКЕ ТЕОРИЈЕ ГРАФОВА. ПРОУЧАВАЊЕ САВРЕМЕНИХ РЕЗУЛТАТА ИЗ ЛИТЕРАТУРЕ, УПОЗНАВАЊЕ СА СТАЊЕМ РЕШЕНОСТИ ОТВОРЕНИХ ПРОБЛЕМА И ПОСТЕПЕНО УКЉУЧИВАЊЕ У ИСТРАЖИВАЧКИ РАД.		
Исход предмета		
ПО ЗАВРШЕТКУ КУРСА, СТУДЕНТ ИМА ПОТРЕБНА ЗНАЊА ИЗ АЛГЕБАРСКЕ ТЕОРИЈЕ ГРАФОВА И У СТАЊУ ЈЕ ДА РЕШАВА ЗАДАТКЕ ИЗ ОВЕ ОБЛАСТИ. МИНИМАЛНИ ИСХОДИ УКЉУЧУЈУ СТИЦАЊЕ СПОСОБНОСТИ ЗА САМОСТАЛНО ПРОУЧАВАЊЕ И РАЗУМЕВАЊЕ ЛИТЕРАТУРЕ (МОНОГРАФИЈЕ, НАУЧНИ РАДОВИ). ПОЖЕЉНИ ИСХОД ЈЕ СТИЦАЊЕ СПОСОБНОСТИ ЗА ИСТРАЖИВАЧКИ РАД У АЛГЕБАРСКОЈ ТЕОРИЈИ ГРАФОВА		
Садржај предмета		
<i>Теоријска настава</i>		
Графови. Основне особине графова и њихова терминологија. Примери графова. Теорија матрица. Матрица суседства. Матрица инциденције. Лапласове матрице. Сопствени вектори. Позитивно семидефинитне матрице. Перон-Фробенијусова теорема. Ранг симетричне матрице. Спектрална декомпозиција. Преплитање сопствених вредности. Преплитање сопствених вредности. Једнако-табличне партиције. Сопствене вредности Кнесерових графова. Примене. Бипартитни подграфови. Фулерени. Јако регуларни графови. Параметри. Сопствене вредности. Неке карактеризације. Графови латинских квадрата. Мали јако регуларни графови. Локалне сопствене вредности. Крајнове границе. Уопштени квадрати. Квазисиметрични дизајни. Витов дизајн са 23 тачке. Симплектични графови. Графови грана и сопствене вредности. Уопштени графови грана. Звезда-затворени скупови грана. Рефлексије. Недељиви звезда-затворени скупови. Генеришући скуп. Класификација. Коренски системи. Јако регуларни графови. Лапласова матрица графа. Лапласова матрица. Стабла. Репрезентације. Енергија и сопствене вредности. Повезаност. Преплитање. Цртање графова. Вишеструкости. Примери и примене. Границе за сопствене вредности. Максимални пресек. Планарни графови. Случајни путеви. Експандери и кодови. Случајни графови. Примене у комбинаторној оптимизацији. Примене у квантном рачунању.		
<i>Практична настава</i>		
Литература		
<ul style="list-style-type: none"> • D. Cvetković, H. Sachs, M. Doob, Spectra of Graphs — Theory and Applications, Johann Ambrosius Barth Verlag, 1995. • D. Cvetkovic, P. Rowlinson, S. Simic, An Introduction to the Theory of Graph Spectra, Cambridge University Press, 2009. • C. Godsil, G. Royle, Algebraic Graph Theory, Springer, 2001. 		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 4	Практична настава:
Методе извођења наставе		
Фронтална, индивидуална, интерактивна		
Оцена знања (максимални број поена 100) презентација пројеката – 40, семинари – 30, усмени испит – 30		

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ		
Назив предмета: ИНТЕЛИГЕНТНА ОБРАДА ТЕКСТА		
Наставник или наставници: Бранимир Т. Годоровић		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: нема		
Циљ предмета Упознавање са методама и алгоритмима за интелигентну обраду текста и конкретним решењима за издвајање информација, аутоматско креирање апстракта, семантичко претраживање и обраду говорног језика.		
Исход предмета Стечена знања треба да омогуће студентима имплементацију алгоритама и решења у интелигентној обради текста.		
Садржај предмета <i>Теоријска настава</i> Препроцесирање: токенизација, издвајање реченица, класификација токена;Скривени Марковљев модел: Витербијев алгоритам; Адаптација параметара скривеног Марковљевог модела; Издавање информација: издвајање ентитета, релација и догађаја; Support Vector Machine: алгоритам инкременталног учења и примена у обради текста; Претраживање информација; Аутоматско креирање апстракта документа; Класификација текста; Семантичко претраживање. <i>Практична настава</i> Препроцесирање: токенизација, издвајање реченица, класификација токена;Скривени Марковљев модел: Витербијев алгоритам; Адаптација параметара скривеног Марковљевог модела; Издавање информација: издвајање ентитета, релација и догађаја; Support Vector Machine: алгоритам инкременталног учења и примена у обради текста; Претраживање информација; Аутоматско креирање апстракта документа; Класификација текста; Семантичко претраживање.		
Литература 1. Ronen Feldman, James Sanger, The Text Mining Handbook, Cambridge University Press, 2007. 2. Charu C. Aggarwal, Machine Learning for Text, Springer International Publishing AG, 2018		
Број часова активне наставе	Теоријска настава:	Практична настава:
	4	
Методe извођења наставе На предавањима се користе класичне методе наставе уз коришћење видео пројектора и интеракцију са студентима. Знање студената се тестира преко израде домаћих задатака и колоквијума. На завршном усменом испиту се проверава свеобухватно разумевање изложеног градива.		
Оцена знања (максимални број поена 100) колоквијуми – 30, семинари – 20, усмени испит – 50		

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: КВАНТИТАТИВНИ АУТОМАТИ

Наставник или наставници: Зорана З. Јанчић

Статус предмета: изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

Упознавање са савременим типовима аутомата специјално дизајнираним за моделирање бројних квантитативних феномена у рачунарским наукама и реалним применама.

Исход предмета

По завршетку курса студент треба да буде упознат са разним моделима квантитативних аутомата и да буде оспособљен да их примени у моделирању бројних квантитативних феномена, како у оквиру рачунарских наука, тако и у реалним применама.

Садржај предмета

Полупрстени и формални степени редови, тежински аутомати над полупрстенима, рационални и распознатљиви степени редови, тежински аутомати и тежинске логике, тежински аутомати и графовски алгоритми, детерминизација тежинских аутомата, редукција броја стања, симулације и бисимулације за тежинске аутомате, тежински аутомати са излазом, фази аутомати, max-plus и min-plus аутомати, тежински аутомати над пољем реалних бројева, минимална линеарна репрезентација, примене тежинских аутомата, тежински аутомати над недистрибутивним структурама, пробабилистички аутомати, примене пробабилистичких аутомата, временски аутомати (timed automata), хибридни аутомати.

Препоручена литература

1. M. Droste, W. Kuich, H. Vogler (Eds.), Handbook of Weighted Automata, Monographs in Theoretical Computer Science, An EATCS Series, Springer-Verlag, 2009.
2. J. Berstel, C. Reutenauer, Noncommutative Rational Series with Applications, Cambridge University Press, 2010
3. J. Sakarovitch, Elements of Automata Theory, Cambridge University Press, 2009.

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 4

Практична настава:

Методe извођења наставе

На предавањима се користе класичне методе наставе уз коришћење видео пројектора и интеракцију са студентима. Знање студената се тестира преко израде домаћих задатака и одбране семинарских радова. На завршном усменом испиту се проверава свеобухватно разумевање изложеног градива.

Оцена знања (максимални број поена 100): домаћи задаци – 10, семинарски рад – 20, усмени испит – 70.

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: ПРИМЕНА СПЕКТАРА ГРАФОВА У РАЧУНАРСТВУ

Наставник/наставници: Драган П. Стевановић

Статус предмета: изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: Алгебарска теорија графова

Циљ предмета

Упознавање студената са могућностима (и ограничењима) примене сопствених вредности и сопствених вектора графова за решавање теоријских проблема у рачунарству. Припрема за самосталан истраживачки рад у овој области.

Исход предмета

Студент је оспособљен за самостални научни рад у области примене спектралних особина графова у рачунарству и комплексним мрежама.

Садржај предмета

Теоријска настава

Експанзивни (expander) графови. Својства графова са великим размаком између две највеће сопствене вредности. Конструкције Рамануданових графова. Алгоритми за ширење информација. Веза очекиваног времена ширења гласина (rumor spreading) са размаком између највећих сопствених вредности.

Дељење графа. Спектрално дељење (clustering) графа. Особине Фидлеровог вектора. Пољак-Мохаров оптимизациони проблем за поделу графа. Goemmans-Williamson-ова граница. Поређење са резултатима добијеним употребом екстремних сопствених вектора других графовских матрица (матрица суседства, матрица неозначеног Лапласијана, матрица нормализованог Лапласијана).

Спектрално преузимање и рангирање web страна. PageRank алгоритам. Пројекција упита на нискодимензионалне сопствене просторе. Ширење вируса у епидемиолошким моделима мрежа. Веза између највеће сопствене вредности и прага (threshold) избијања епидемије.

Алгоритми за балансирање оптерећења процесора базирани на дифузији. Конвергенција алгоритама помоћу спектра мреже процесора. Употреба целобројних сопствених вектора интегралних графова у балансирању оптерећења.

Типови случајних графова и мрежа: Erdős-Rényi, Albert-Barabasi, Watts-Strogatz, случајни геометријски графови. Закон експонента за степене чворова и сопствене вредности. Функција густине спектра. Wiegner-ов закон полукруга.

Практична настава

Литература

- Fan Chung, Linyuan Lu, *Complex Graphs and Networks*, CBMS Regional Conference Series in Mathematics, No. 107, American Mathematical Society, 2006, ISBN 0-8218-3657-9
- Piet van Mieghem, *Graph Spectra for Complex Networks*, Cambridge University Press, 2011.
- Dragoš Cvetković, Slobodan Simić, *Graph spectra in Computer Science*, Linear Algebra Appl. 434 (2011), 1545-1562.

Број часова активне наставе

Теоријска настава:

4

Практична настава:

Методe извођења наставе

Фронтална, индивидуална, интерактивна

Оцена знања (максимални број поена 100) презентација пројеката – 40, семинари – 30, усмени испит – 30

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: ДИЗАЈН И АНАЛИЗА АЛГОРИТАМА

Наставник или наставници: Марко С. Милошевић

Статус предмета: изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

Оспособљавање студента да анализира перформансе алгорита, доказује коректност алгорита, демонстрира познавање битних алгорита и структура података, примени парадигме дизајнирања алгорита и методе анализе, као и да креира ефикасне алгоритме који решавају проблеме који се јављају у разним ситуацијама

Исход предмета

По завршетку курса, студент има способности да:

- Провери коректност алгорита
- Анализира време извршења алгорита
- Објасни приступе „подели па владај“, „динамичко програмирање“, „грамзиви приступ“ итд. као и да препозна проблеме у којима ти приступи могу да се примене.
- Пореди различите структуре података и да одабере одговарајућу структуру у датој ситуацији.

Садржај предмета

Анализа сложености алгорита - раст функција, рекурентне релације, анализа помоћу вероватноће и алгоритми који користе случајне бројеве. P, NP, NP-комплетни проблеми. Апроксимациони алгоритми. Структуре података - хеш табеле, стабла претраживања, heap структуре, итд. Примена приступа „подели па владај“, „динамичко програмирање“, „грамзиви алгоритама“, алгоритама теорије графова, алгоритама дистрибуираног програмирања на разне проблеме – распоређивање интервала, конвексни омотач, одређивање медијане, брзе Фуријеове трансформације, множење матрица, quicksort, најдужи палиндром, оптимална бинарна стабла претраживања, триангулација полигона, итд.

Препоручена литература

1. T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest and C. Stein, Introduction to Algorithms, McGraw-Hill Book Company, 2001.
2. M. de Berg, O. Cheong, M. van Kreveld, M. Overmars, Computational geometry: Algorithms and applications, Springer-Verlag, 3rd rev. ed. 2008.

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 4

Практична настава:

Методe извођења наставе

На предавањима се користе класичне методе наставе уз коришћење видео пројектора и интеракцију са студентима. Знање студената се тестира преко израде домаћих задатака и одбране семинарских радова. На завршном усменом испиту се проверава свеобухватно разумевање изложеног градива.

Оцена знања (максимални број поена 100): домаћи задаци – 10, семинарски рад – 20, усмени испит – 70.

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: КВАНТНО ПРОЦЕСИРАЊЕ ИНФОРМАЦИЈА

Наставник или наставници: Јасмина М. Јекнић- Дугић

Статус предмета: изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

Оспособљавање студената за самостално решавање основних методских и једноставних научних задатака у области. Припрема за савладавање курса физике који се ослањају на основе и методе квантне информатике.

Исход предмета

Упознавање са основама квантне механике; Оспособљавање студената за самостално решавање основних методских и једноставних научних задатака, припремљеност за упознавање и савладавање општих метода квантне информатике. Способност анализе и једноставне примене основних протокола и алгоритама. Упознавање са формализмом квантних грешака и основном идејом њихове корекције.

Садржај предмета

Теоријска настава

Основни постулати квантне механике; Релација неодређености; Појам квантног ансамбла; Појам и проблем квантног мерења; Интратракција у дводелним квантним системима, Шмитова канонска форма; Квантна несепарабилност, квантна нелокалност; Дистантне корелације; Појам квантног бита и квантни регистри; Неразличивост неортогоналних стања и забрана клонирања стања; Уопштена квантна мерења и делимична различивост неортогоналних стања; Фон-Нојманова ентропија и изведене величине. Квантна декохеренција, квантни шум; Квантне операције, квантне мастер једначине; Општа идеја корекције квантних грешака.

Препоручена литература

1. Федор Хербут, Квантна механика, Физички факултет, Београд, 1984.
2. Мирољуб Дугић, „Квантна информатика и рачунање“, ПМФ, Крагујевац, 2009.
3. М.А. Nielsen, I.A. Chuang, “Quantum Computation and Quantum Information”, Cambridge University Press, Cambridge, UK&NI, 2000.

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 4

Практична настава:

Методe извођења наставе

Интерактивна и индивидуална

Оцена знања (максимални број поена 100)

Домаћи рад: 20 поена; Семинарски рад: 30 поена; Усмени: 50 поена.

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ**Назив предмета: СТУДИЈСКИ ИСТРАЖИВАЧКИ РАД 3****Наставник или наставници:** сви наставници ангажовани на ДАС Рачунарске науке**Статус предмета:** обавезни**Број ЕСПБ:** 12**Услов:** нема**Циљ предмета**

Увођење студента у научно-истраживачки рад и разрада методологије научно-истраживачког рада кроз разматрање отворених проблема у области научног интересовања студента.

Исход предмета

Кроз решавање отворених научних проблема које је добио студент развија своје способности коришћења метода научног истраживања, почиње сам да развија своје сопствене методе истраживања и почиње да долази до нових оригиналних научних резултата.

Садржај предмета

Студијски истраживачки рад реализује се кроз израду и одбрану семинарског рада. Наставници на почетку сваке школске године за сваку годину студија предлажу листу могућих тема семинарских радова који би се радили у оквиру Студијског истраживачког рада 3 и 4. Свака тема мора да садржи отворене научне проблеме чијим би се решавањем студент бавио током израде семинарског рада. Студент бира тему са листе, али може изабрати и неку тему која није на листи, уколико је наставник прихвати. Уз тему, студент добија и списак литературе коју може да користи. Уз сталне консултације са наставником, студент критички анализира добијене проблеме, и коришћењем неке познате методологије или развијајући своју сопствену методологију проналази решење задатих проблема. Након решавања проблема, студент пише семинарски рад, користећи стандарде за писање научно-стручних публикација, и урађени семинарски рад презентује-брани пред наставником и другим студентима докторских студија.

Препоручена литература

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 10

Практична настава:

Методe извођења наставе

Студент решава отворене проблеме које је добио као тему семинарског рада, уз сталне консултације са наставником код кога је изабрао тему, пише семинарски рад који презентује-брани пред наставником и другим студентима докторских студија.

Оцена знања (максимални број поена 100) семинарски рад – 70; одбрана семинарског рада – 30

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: ПРИРОДНА ИЗРАЧУНАВАЊА

Наставник или наставници: Александар Б. Стаменковић

Статус предмета: изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

Упознавање са новим неконвенционалним методама израчунавања, инспирисаним природом, са неуронским, еволуционарним, квантним и молекуларним израчунавањима, упознавање са границама традиционалних модела израчунавања и традиционалних рачунара, и како би се те границе могле померити имплементацијом нових неконвенционалних модела израчунавања.

Исход предмета

По завршетку курса студент треба схвати основне идеје и принципе на којима се базирају нови неконвенционални модели израчунавања, да схвати где су границе традиционалних модела израчунавања и традиционалних рачунара, и како би се те границе могле померити имплементацијом нових неконвенционалних модела израчунавања. Студент треба и да буде оспособљен да те идеје и принципе самостално практично примени у научним истраживањима.

Садржај предмета

Биолошке основе: Ћелије, хромозоми и гени, молекуларне операције за склапање гена (Gene Assembly), рекомбинација, биолошка мембрана, структура мембране, транспорт кроз мембрану, дељење ћелија, неурони. Склапање гена (Gene Assembly): Формални модели склапања гена, својства склапања гена. ДНК израчунавања: Структура и функционисање ДНК, ДНК као носилац генетске информације, операције на ДНК молекулу, модели молекуларних израчунавања, модели ДНК израчунавања, физичке имплементације, Adleman-ов експеримент, питања комплексности, Watson-Crick аутомати, insertion-deletion системи, splicing модели, N-системи, мултискупови (multisets). Мембранска израчунавања: Мембрански модели, P-системи, моћ P-система. Квантна израчунавања: Квантни феномени, bit и qubit, квантни рачун, квантна логика, квантни рачунари, квантни алгоритми, квантне имплементације, квантно програмирање, Shor-ов алгоритам, квантна комплексност, квантна криптографија. Еволуционарни алгоритми. Неуронске мреже.

Препоручена литература

1. G. Paun, G. Rozenberg, A. Salomaa, DNA Computing: New Computing Paradigms, Springer, Berlin-Heidelberg, 1998.
2. G. Paun, Membrane Computing: An Introduction, Springer, Berlin-Heidelberg, 2002.
3. A. Ehrenfeucht, T. Harju, I. Petre, D. M. Prescott and G. Rozenberg, Computation in Living Cells: Gene Assembly in Ciliates, Springer, Berlin-Heidelberg, 2004.
4. M. Amos, Theoretical and Experimental DNA Computation, Springer, Berlin-Heidelberg, 2005.
5. C. S. Calude and G. Paun, Computing with Cells and Atoms: An Introduction to Quantum, DNA and Membrane Computing, Taylor and Francis, 2001.

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 4

Практична настава:

Методe извођења наставе

На предавањима се користе класичне методе наставе уз коришћење видео пројектора и интеракцију са студентима. Знање студената се тестира преко израде домаћих задатака и одбране семинарских радова. На завршном усменом испиту се проверава свеобухватно разумевање изложеног градива.

Оцена знања (максимални број поена 100): домаћи задаци – 10, семинарски рад – 20, усмени испит – 70.

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ		
Назив предмета: ОБРАДА СЛИКА И АНИМАЦИЈА		
Наставник или наставници: Марко Б. Миладиновић		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: нема		
Циљ предмета		
Разумевање напредних тема обраде слика и компјутерске анимације. Теме обухватају репрезентацију слика, текстура модела, препознавање објеката и сцена, праћење облика моделовањем, алгоритме за компресију и претраживање слика у великим базама података. Апликације се могу укључити у препознавању облика, лица, мултимедијалне системе, специјалне ефекте и фотореалистичан рендеринг.		
Исход предмета		
Студенти ће бити оспособљени за коришћење разних техника и метода за обраду слика и анимација које се могу применити у разлићитим научним истраживањима.		
Садржај предмета		
Обрада слика. Трансформација пиксела и боја, композиција и матирање, појачавање тонова, линеарно и нелинеарно филтрирање, изоштравање и замућење слике, Fourier трансформације, Wiener филтрирање, мулти-резулациона репрезентација. Геометриске трансформације, извијање слике, глобална оптимизација. Реаустаурација слика. Компресија слика и видеа. Кодирање, кодирање скраћењем блока, компресија таласа слике, мултиспектрално кодирање слика. Основи копресије видеа, MPEG-4 и H.264 стандарди.		
Базе података са сликама. Складиштење слика, претраживање слика базирано на садржини, базирано на елементима слике и хибридни алгоритам за претраживање у мултимедијалним базама података.		
Програмирање у програмском језику MATLAB, Php/MySQL		
Препоручена литература		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Richard Szeliski, Computer Vision: Algorithms and Applications, Microsoft Research, 2010. 2. Iain E. G. Richardson, H.264 and MPEG-4 Video Compression: Video Coding for Next-generation Multimedia, John Wiley & Sons Ltd, 2003. 3. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, and S. L. Eddins, Digital Image Processing Using MATLAB, Prentice Hall, 2004. 4. A. Bovik, Handbook of image and video processing, Academic Press, San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, 2000. 		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 4	Практична настава:
Методe извођења наставе		
Предавања са темама наведеним у садржају. Студенти ће добијати задатке које ће решавати код куће.		
Оцена знања (максимални број поена 100): активност у току предавања – 10, семинарски радови – 50, усмени испит – 40.		

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: ИНТЕЛИГЕНТНА ОБРАДА ПОДАТАКА И ПРЕПОЗНАВАЊЕ УЗОРАКА

Наставник или наставници: Бранимир Т. Годоровић

Статус предмета: изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

Упознавање са методама и алгоритмима машинског учења и рачунарске интелигенције за интелигентну анализу структурираних и неструктурираних података.

Исход предмета

Основно теоријско знање и способност софтверске имплементације метода и алгоритама интелигентне обраде структурираних и неструктурираних података.

Садржај предмета

Мерења и подаци, Анализа поузданости података; Обрада структурираних података: концепата, база података, графова и стабала; Обрада неструктурираних података; Анализа асоцијације; Кластеризација; Класификација; Регресија; Обрада секвенцијалних података; Скривени Марковљев модел, проширени Калманов филтар и рекурентне неуронске мреже; Предикција нестационарних временских серија; Слепе технике обраде сигнала: слепа сепарација, конволутивна сепарација и деконволуција. Мултимодална анализа података; Имплементација алгоритама и модела за интелигентну обраду података (Python - ScikitLearn, TensorFlow i PyTorch, CUDA, C++).

Препоручена литература

1. David Hand, Heikki Mannila and Padhraic Smyth, Principles of Data Mining, The MIT Press, 2001.
2. B. Todorović, S. Todorović-Zarkula, M. Stanković, Rekurentne neuronske mreže: estimacija parametara, stanja i strukture, Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet, 2012.
3. Charu C. Aggarwal, Data Mining, The Textbook, Springer International Publishing Switzerland, 2015.

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 4

Практична настава:

Методе извођења наставе

На предавањима се користе класичне методе наставе уз коришћење видео пројектора и интеракцију са студентима. Знање студената се тестира преко израде домаћих задатака и колоквијума. На завршном усменом испиту се проверава свеобухватно разумевање изложеног градива.

Оцена знања (максимални број поена 100): колоквијуми – 30, семинари – 20, усмени испит – 50

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ		
Назив предмета: ОДАБРАНА ПОГЛАВЉА МОЛЕКУЛАРНЕ БИОЛОГИЈЕ		
Наставник: Татјана Љ. Митровић		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: нема		
Циљ предмета		
<ul style="list-style-type: none"> - упознавање са молекуларно биолошким основама живота и протоком биоинформација у природи, - увођење у савремене биолошке дисциплине тзв. “-омике” и модерне аспекте биотехнологије 		
Исход предмета		
<p>По завршетку курса студент би требало да буде оспособљен да:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разуме процес протока генетичких информација у ћелији, - дефинише организацију и функцију генома, транскриптома и протеома, - прошири усвојено знање праћењем савремених токова у молекуларној биологији, биотехнологији и биоинформатици. 		
Садржај предмета		
<p><i>Теоријска настава</i></p> <p>Информативност биомолекула и еволуција генетичке информације. Примарна, секундарна, терцијарна и кватернарна структура нуклеинских киселина (ДНК и РНК). Генетички код. Структурна организација хуманог генома: генске и екстрагенске секвенце. Структурна организација еукариотских гена: дефиниција гена, егзона и интрона. Примарна, секундарна, терцијарна и кватернарна структура протеина. Трансфер генетичке информације: репликација, транскрипција, транслација. Регулација експресије гена. Нове генерације секвенцирања: генома, транскриптома и протеома. Базе биолошких података. Технологија чипа (microarray). Примена биоинформатике у биотехнологији, медицини и фармакогеномици.</p>		
Литература		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Т. Митровић, Основни принципи експерименталне биохемије I – Геномика и протеомика, Природно-математички факултет, Ниш, 2012. 2. J.E. Krebs, E.S. Goldstein, S.T. Kilpatrick, Lewin's Genes XII, 12th edition, Jones & Bartlett Learning, Berlington, USA, 2017. 3. В. Alberts, А. Johnson, J. Lewis, D. Morgan, M. Raff, K. Roberts, P. Walter, Molecular Biology of the Cell. 6th edition, Garland Publ. Inc., New York, USA, 2014. 4. J.D. Watson, T.A. Baker, S.P. Bell, A. Gan, M. Levine, R. Losick, Molecular Biology of the Gene, 7th edition, Pearson Education, Inc., Benjamin Cummings, Cold Spring Harbor Laboratory Press, San Francisco, USA, 2013. 5. А. Lesk, Introduction to Bioinformatics, 4th edition, Oxford University Press, Oxford, UK, 2013. 6. D. W. Mount, Bioinformatics: Sequence and Genome Analysis. 2nd edition. Cold Spring Harbour Laboratory Press, Cold Spring Harbour, New York, USA, 2004. 		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 4	Практична настава
Методе извођења наставе		
Интерактивна предавања, е-учење, консултације		
Оцена знања (максимални број поена 100) семинар – 40, усмени испит – 60		

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: КВАНТНО РАЧУНАРСТВО

Наставник или наставници: Милан З. Башић

Статус предмета: изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

Упознавање са основама квантне теорије информација и квантног рачунарства и њеним основним применама. Оспособљавање студената за самостално решавање основних научних задатака у области који илуструју надмоћ квантних алгоритама над класичним.

Исход предмета

Оспособљавање студената за самостално решавање основних методских и научних задатака, припремљеност за упознавање и савладавање општих метода квантног рачунарства. Способност анализе и примене основних протокола и алгоритама. Отварање увида у основе квантне технологије.

Садржај предмета

Теоријска настава

Квантни ансамбли и стања; Сложени системи и интеракција. Шмитова канонска форма; Квантно мерење, препарација квантних стања и класична информација. Проблем мерења; Квантна неодређеност. Квантна несепарабилност. Квантна нелокалност; Неразличивост неортогоналних стања и забрана клонирања стања; Квантна логика; Уопштена квантна мерења и делимична различивост неортогоналних стања; Класична наспрам квантна информација; Квантна Шенонова теорија; Примери квантног информатичког процесирања (квантна телепортација, квантно супергусто кодирање, квантна корекција кодова, квантна криптографија); Основе квантног рачунања (основе науке о рачунарима и комплексност; основни квантни алгоритми: Дојчов, Дојч-Јоса, квантна Фуријеова трансформација, Шоров алгоритам, Симонов алгоритам, Гроверов алгоритам, Канонска факторизација бројева); Преглед квантног хардвера; Достигнућа у нанотехнологији.

Практична настава

Препоручена литература

1. M.A. Nielsen, I.A. Chuang, *"Quantum Computation and Quantum Information"*, Cambridge University Press, Cambridge, UK&NI, 2000
2. A. Peres, *Quantum Theory: Concepts and Methods*. New York, NY: Springer, 1993. ISBN: 9780792325499.
3. A. Yu. Kitaev, A. H. Shen, M. N. Vyalyi, *Classical and Quantum computation*, American Mathematical Society, 2002.
4. N. Yanofsky, M. Manucci, *Quantum computing for Computer Scientist*, Cambridge University Press; 1 edition (August 11, 2008)
5. J. Watrous, *The Theory of Quantum Information*, Cambridge University Press (2018).

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 4

Практична настава:

Методе извођења наставе

Предавања, семинарски

Оцена знања (максимални број поена 100) активност у настави – 20, семинарски рад – 30, усмени испит – 50

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА И ПРИМЕНА АУТОМАТА

Наставник или наставници: Александар Б. Стаменковић

Статус предмета: изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

Упознавање са имплементацијом и практичном применом аутомата у верификацији софтвера, процесирању, компресији и кодирању података, и другим областима.

Исход предмета

По завршетку курса студент треба да овлада основним принципима везаним за практичне примене аутомата у разним областима, и да буде оспособљен да реализује такве примене у пракси и научним истраживањима.

Садржај предмета

Дискретни системи догађаја (discrete event systems), теорија конкуренције, означени транзициони системи, процесне алгебре. Примена аутомата у процесирању текста, спаривање шаблона (pattern matching), компресија текста, аутомати и текст процесори, аутомати у процесирању слика, компресији слика и података, аутомати у процесирању говора, аутомати у процесирању природних језика, формални језици и аутомати у биологији, молекуларној генетици, аутомати у криптографији. Аутомати и симболичка динамика, софик шифтови и шифтови коначног типа, ентропија, кодирање, корекција грешака, синхронизација, декодирање. Примена аутомата у теорији система, примена аутомата у верификацији хардвера и софтвера, model-checking, примена аутомата у машинском учењу, аутомати и неуронске мреже, екстракција аутомата из black-box modela.

Препоручена литература

1. C. G. Cassandras, S. Lafortune, Introduction to Discrete Event Systems, Springer, 2008.
2. R. Milner, Communicating and Mobile Systems: the π -Calculus, Cambridge University Press, Cambridge, 1999.
3. M. Crochemore, W. Rytter, Jewels of Stringology, World Scientific, Singapore, 2002.
4. G. Rozenberg, A. Salomaa (eds.), Handbook of Formal Languages, Vol.1-3, Springer, Berlin-Heidelberg, 1997.
5. M. Droste, W. Kuich, H. Vogler (Eds.), Handbook of Weighted Automata, Monographs in Theoretical Computer Science, An EATCS Series, Springer-Verlag, 2009.
6. D. Lind, B. Marcus, An Introduction to Symbolic Dynamics and Coding, Cambridge University Press, 1996.

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 4

Практична настава:

Методе извођења наставе

На предавањима се користе класичне методе наставе уз коришћење видео пројектора и интеракцију са студентима. Знање студената се тестира преко израде домаћих задатака и одбране семинарских радова. На завршном усменом испиту се проверава свеобухватно разумевање изложеног градива.

Оцена знања (максимални број поена 100): домаћи задаци – 10, семинарски рад – 20, усмени испит – 70

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ		
Назив предмета: ДИЗАЈН И АНАЛИЗА АЛГОРИТАМА 2		
Наставник или наставници: Иван П. Станимировић		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: нема		
Циљ предмета		
Упознавање са напредним техникама дизајнирања и анализе алгоритама.		
Исход предмета		
Студенти су оспособљени да развијају напредне алгоритме у областима операционих истраживања, матричне алгебре као и да решавају проблеме распоређивања ресурса.		
Садржај предмета		
<i>Теоријска настава</i>		
Дефиниција израчунљивости, Технике дизајнирања алгоритама: Divide-and-Conquer, Greedy алгоритми, динамичко програмирање, рекурзивни алгоритми, техника мемоизације, рекурентне релације, комплексност алгоритама, Master метод; напредни алгоритми из операционих истраживања: линеарно, конвексно и циљно програмирање, симплекс метод, методи унутрашње тачке; целобројно програмирање, теорија игара; рекурзија и Divide-and-Conquer уматричној алгебри: алгоритми за множење матрица, рекурзивни алгоритми за инверзију троугаоних и квадратних матрица, рекурзивне матричне факторизације, рекурзивни алгоритми за псеудо-инверзе квадратних матрица, рекурзивни алгоритми и мемоизација у линеарној алгебри; структурне матрице; Toeplitz-ове, циркулантне, Hankel-ове матрице, Vandermonde-ове матрице, корелације између структурних матрица; Проблем распоређивања ресурса.		
<i>Практична настава</i>		
Препоручена литература		
<ol style="list-style-type: none"> 1. I. P. Stanimirović, Computation of Generalized Matrix Inverses and Applications, 2017, CRC Press, Taylor & Francis, 2017. 2. P.S. Stanimirović, N.V. Stojković, M. Petković, <i>Matematičko programiranje</i>, Prirodno-matematički fakultet u Nišu, Niš, 2007. 3. T.H. Cormen, C.E. Leiserson, R.L. Rivest, C. Stein, <i>Introduction to Algorithms</i>, Second ed., The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, McGraw-Hill Book Company, Boston, 2002. 4. P.S. Stanimirović, G.V. Milovanović, I.M. Jovanović, <i>Primene linearnog i celobrojnog programiranja</i>, Prirodno-matematički fakultet u Nišu, Niš, 2008. 		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 4	Практична настава:
Методје извођења наставе		
Предавања са темама наведеним у садржају, семинарски радови који садрже имплементације алгоритама.		
Оцена знања (максимални број поена 100) семинари – 50, усмени испит – 50		

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: АНАЛИЗА СОЦИЈАЛНИХ МРЕЖА

Наставник или наставници: Иван Б. Станковић

Статус предмета: изборни

Број ЕСПБ: 10

Услов: нема

Циљ предмета

Упознавање са основним методама и оруђима који се користе у анализи социјалних мрежа и са применама социјалних мрежа.

Исход предмета

По завршетку курса студент треба да овлада основним методама и оруђима анализе социјалних мрежа и да буде оспособљен да их примени у изучавању бројних феномена у рачунарским наукама и реалним применама који се могу представити преко социјалних мрежа.

Садржај предмета

Математичко представљање социјалних мрежа, графовско-теоретски приступ социјалним мрежама – централност и посредовање, престиж и рангирање, кохезионе групе, кластеризација, алгебарски приступ социјалним мрежама – релације, матрице, полугрупе, улоге и позиције у мрежи, позициона анализа, структурне и регуларне еквиваленције, уопштења регуларних еквиваленција, блокмоделирање, упоређивање мрежа, изоморфизам и сличност, симулације и бисимулације, дво-модалитетне и више-модалитетне мреже, социјалне мреже великих димензија, социјалне мреже и аутомати, социјалне мреже и логика, социјалне мреже и концептуална анализа података.

Препоручена литература

1. U. Brandes, T. Erlebach (Eds.), Network Analysis – Methodological Foundations, Lecture Notes in Computer Science vol. 3418, Springer-Verlag, 2005.
2. R. Hanneman, M. Riddle, Introduction to social network methods (free introductory textbook on social network analysis), 2005, <https://faculty.ucr.edu/~hanneman/nettext/>
3. S. Wasserman, K. Faust, Social Network Analysis – Methods and Applications, Cambridge University Press, 1994.
4. P. Doreian, V. Batagelj, A. Ferligoj, Generalized Blockmodeling, Cambridge University Press, 2005.
5. R. A. Meyers, Encyclopedia of Complexity and System Science (chapters on Social Network Analysis), Springer, 2008.
6. C. Carpineto, G. Romano, Concept Data Analysis – Theory and Applications, John Wiley & Sons, Ltd., 2004.

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 4

Практична настава:

Методe извођења наставе

На предавањима се користе класичне методе наставе уз коришћење видео пројектора и интеракцију са студентима. Знање студената се тестира преко израде домаћих задатака и одбране семинарских радова. На завршном усменом испиту се проверава свеобухватно разумевање изложеног градива.

Оцена знања (максимални број поена 100): домаћи задаци – 10, семинарски рад – 20, усмени испит – 70.

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ**Назив предмета: СТУДИЈСКИ ИСТРАЖИВАЧКИ РАД 4****Наставник или наставници:** сви наставници ангажовани на ДАС Рачунарске науке**Статус предмета:** обавезни**Број ЕСПБ:** 12**Услов:** нема**Циљ предмета**

Увођење студента у научно-истраживачки рад и разрада методологије научно-истраживачког рада кроз разматрање отворених проблема у области научног интересовања студента.

Исход предмета

Кроз решавање отворених научних проблема које је добио студент развија своје способности коришћења метода научног истраживања, почиње сам да развија своје сопствене методе истраживања и почиње да долази до нових оригиналних научних резултата.

Садржај предмета

Студијски истраживачки рад реализује се кроз израду и одбрану семинарског рада. Наставници на почетку сваке школске године за сваку годину студија предлажу листу могућих тема семинарских радова који би се радили у оквиру Студијског истраживачког рада 3 и 4. Свака тема мора да садржи отворене научне проблеме чијим би се решавањем студент бавио током израде семинарског рада. Студент бира тему са листе, али може изабрати и неку тему која није на листи, уколико је наставник прихвати. Уз тему, студент добија и списак литературе коју може да користи. Уз сталне консултације са наставником, студент критички анализира добијене проблеме, и коришћењем неке познате методологије или развијајући своју сопствену методологију проналази решење задатих проблема. Након решавања проблема, студент пише семинарски рад, користећи стандарде за писање научно-стручних публикација, и урађени семинарски рад презентује-брани пред наставником и другим студентима докторских студија.

Препоручена литература**Број часова активне наставе****Теоријска настава: 10****Практична настава:****Методe извођења наставе**

Студент решава отворене проблеме које је добио као тему семинарског рада, уз сталне консултације са наставником код кога је изабрао тему, пише семинарски рад који презентује-брани пред наставником и другим студентима докторских студија.

Оцена знања (максимални број поена 100) семинарски рад – 70; одбрана семинарског рада – 30

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ**Назив предмета: ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА – НАУЧНО ИСТРАЖИВАЧКИ РАД 1****Наставник или наставници:** сви наставници са списка ментора на ДАС Рачунарске науке**Статус предмета:** обавезни**Број ЕСПБ:** 15**Услов:** нема**Циљ предмета**

Самосталан научно-истраживачки рад студента на задату/изабрану тему.

Исход предмета

Кроз самосталан научно-истраживачки рад на задату/изабрану тему студент развија своје сопствене методе научног истраживања и долази до оригиналних научних резултата, које публикује у научним часописима међународног значаја.

Садржај предмета

Студијски истраживачки рад реализује се кроз самостални научно-истраживачки рад студента на тему коју му је задао наставник, потенцијални ментор, или на тему коју је студент сам изабрао, а наставник, потенцијални ментор, је одобрио. Уз консултације са наставником, студент спроводи своја научна истраживања, добијене резултате припрема за публикавање и подноси за публикавање у часопис категорије M21a, M21, M22 или M23, према категоризацији Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Након добијања потврде да је рад прихваћен за публикавање у часопису тог ранга, студент презентује-брани добијене резултате пред наставником и другим студентима докторских студија у оквиру одговарајућег научног семинара..

Препоручена литература**Број часова активне наставе****Теоријска настава: 10****Практична настава:****Методe извођења наставе**

Студент спроводи своја научна истраживања, уз консултације са наставником, потенцијалним ментором, подноси добијене резултате за публикацију у часопису категорије M21a, M21, M22 или M23, према категоризацији Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, и по прихватању рада презентује-брани тај рад пред наставником и другим студентима докторских студија.

Оцена знања (максимални број поена 100) семинарски рад – 70; одбрана семинарског рада – 30

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА – НАУЧНО ИСТРАЖИВАЧКИ РАД 2

Наставник или наставници: сви наставници са списка ментора на ДАС Рачунарске науке

Статус предмета: обавезни

Број ЕСПБ: 15

Услов: Докторска дисертација – Научно истраживачки рад 1, остварених 135 ЕСПБ

Циљ предмета

Самосталан научно-истраживачки рад студента на задату/изабрану тему.

Исход предмета

Кроз самосталан научно-истраживачки рад на задату/изабрану тему студент развија своје сопствене методе научног истраживања и долази до оригиналних научних резултата, које публикује у научним часописима међународног значаја.

Садржај предмета

Студијски истраживачки рад реализује се кроз самостални научно-истраживачки рад студента на тему коју му је задао наставник, потенцијални ментор, или на тему коју је студент сам изабрао, а наставник, потенцијални ментор, је одобрио. Уз консултације са наставником, студент спроводи своја научна истраживања, добијене резултате припрема за публикавање и подноси за публикавање у часопис категорије M21a, M21, M22 или M23, према категоризацији Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Након добијања потврде да је рад прихваћен за публикавање у часопису тог ранга, студент презентује-брани добијене резултате пред наставником и другим студентима докторских студија у оквиру одговарајућег научног семинара..

Препоручена литература

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 10

Практична настава:

Методe извођења наставе

Студент спроводи своја научна истраживања, уз консултације са наставником, потенцијалним ментором, подноси добијене резултате за публикацију у часопису категорије M21a, M21, M22 или M23, према категоризацији Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, и по прихватању рада презентује-брани тај рад пред наставником и другим студентима докторских студија.

Оцена знања (максимални број поена 100) семинарски рад – 70; одбрана семинарског рада – 30

Студијски програм : ДАС РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Назив предмета: ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА – ИЗРАДА И ОДБРАНА

Наставник или наставници: ментори студената, чланови Комисија за оцену и одбрану докторских дисертација

Статус предмета: обавезни

Број ЕСПБ: 30

Услов: Докторска дисертација – Научно истраживачки рад 1 и 2, остварених 150 ЕСПБ

Циљ предмета

Циљ израде и одбране докторске дисертације је да студент покаже способност спровођења самосталних научних-истраживања и постизања оригиналних научних резултата, способност да те резултате представи научној јавности публиковањем научних радова и израдом докторске дисертације, као и способност њиховог презентовања ширем аудитооријуму.

Исход предмета

Израдом и одбраном докторске дисертације студент постиже врхунски ниво знања у области рачунарских наука, као и темељно познавање и разумевање најсавременијих трендова у области рачунарских наука, и бива оспособљен за самосталан научно-истраживачки рад. Такође, он стиче вештине које су неопходне за успешну припрему, објављивање и презентацију резултата научно-истраживачког рада према највишим светским стандардима у рачунарским наукама.

Садржај предмета

У току израде докторске дисертације студент је у обавези да дође до оригиналних научних резултата, чији научни значај треба да буду верификован кроз њихово објављивање или прихватање за објављивање у научним часописима категорија М21а, М21, М22 и М23, према категоризацији Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Да би стекао право да пријави тему за израду докторске дисертације студент мора да има 1 рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису категорије М21а, М21, М22 или М23 и да оствари најмање 135 ЕСПБ, а да би стекао право да преда и одбрани докторску дисертацију студент мора да има 2 научна рада објављена или прихваћена за објављивање у часописима категорија М21а, М21, М22 или М23 и да оствари најмање 150 ЕСПБ. Не могу два или више студената докторских студија пријавити тему и бранити докторску дисертацију на основу истих научних радова.

Правила за пријаву теме докторске дисертације и правила за одбрану докторске дисертације уређују се општим актом Универзитета у Нишу.

Докторска дисертација треба да буде припремљена у складу са стандардима за припрему научних публикација, и у форми прописаној одговарајућим правилником Универзитета у Нишу. Дисертација треба да садржи опис проблема, опис добијених резултата и примењених метода, као и списак литературе која је коришћена приликом израде рада. Поред главних резултата везаних за тему, дисертација у свом уводном делу треба да садржи и преглед основних појмова и резултата у ужој области теме рада који су коришћени у дисертацији. Такође, студент је дужан да у дисертацији упореди своје резултате са резултатима других аутора у тој области, и да прикаже у чему се састоји научни допринос његове дисертације. Приликом одбране докторске дисертације студент треба да прикаже резултате до којих је дошао при њеној изради, упореди их са резултатима других аутора, да покаже темељно познавање научне методологије коју је користио, као и опште познавање стања истраживања у области теме дисертације.

Препоручена литература

Број часова активне наставе

Теоријска настава: 20+10

Практична настава:

Методe извођења наставе

Након одобрења теме докторске дисертације и именовања ментора студент наставља своја научна истраживања и ради на изради докторске дисертације, уз сталне консултације са ментором. И студент и ментор воде рачуна да дисертација буде урађена у складу са стандардима за припрему научних публикација, и у форми прописаној одговарајућим правилником Универзитета у Нишу. Након испуњења услова за подношење докторске дисертације и њеног завршетка студент предаје дисертацију у даљу процедуру, и након окончања поступка оцене урађене докторске дисертације и одобрења њене одбране, у складу са правилима утврђеним од стране Универзитета у Нишу и Природно-математичког факултета, студент приступа јавној одбрани докторске дисертације, пред комисијом коју именује одговарајуће тело Универзитета у Нишу.

Оцена знања: Укупан успех студента на предмету се изражава описно: одбранио докторску дисертацију / није одбранио докторску дисертацију